Environment Canada Environnement Canada

An Automated Computer-Based Water Quality Analytical Laboratory Data Capture/ Management System (AWQUALABS)

F.J. Philbert,* J.E. Dowell,† J. Hodson† and G.S. Beal†

*Water Quality Branch
Inland Waters/Lands Directorate
Ontario Region
Burlington, Ontario

†National Water Research Institute
Inland Waters/Lands Directorate
Canada Centre for Inland Waters
Burlington, Ontario

TECHNICAL BULLETIN NO. 149

INLAND WATERS/LANDS DIRECTORATE
ONTARIO REGION
WATER QUALITY BRANCH
BURLINGTON, ONTARIO, 1987

(Disponible en français sur demande)

Published by authority of
the Minister of the Environment

© Minister of Supply and Services Canada 1987

Cat. No. En 36-503/149E

ISBN 0-662-15594-7

Contents

	Page
ABSTRACT	v
RÉSUMÉ	v
INTRODUCTION	1
INFORMATION FLOW	2
SYSTEM DATA ORGANIZATION	4
Samples	4
Sample description information	5
SYSTEM PROGRAM ORGANIZATION	5
Database management	12
CONCLUSION	15
ACKNOWLEDGMENTS	15
REFERENCES	16

Illustrations

Figure 1A-C.	Pre-AWQUALABS information flow	2
Figure 2A-C.	AWQUALABS information flow	3
Figure 3.	System organization	6
Figure 4.	Sample entry (daily)	7
Figure 5.	Sample management	7
Figure 6.	Printout of preliminary sample analysis report	8
Figure 7.	Sample analysis	9
Figure 8.	Acceptance of sample analysis results	9
Figure 9.	Sample completion	10
Figure 10.	Laboratory management	10
Figure 11.	Printout of laboratory workload report	11
Figure 12.	Printout of operational performance measurement report	12
Figure 13.	Printout of project information listing	13
Figure 14.	Printout of sample flow report	14
Figure 15.	Printout of laboratory work sheet	15
Figure 16.	Database maintenance	15

Abstract

AWQUALABS is a computer-based data capture/management system used for the real-time capture, preprocessing and analysis of raw data and for the organization, management, storage and reporting of results of a series of multi-parameter chemical and physical analyses in a medium-sized water chemistry analytical laboratory.

The system provides facilities for entering sample identification information, analytical results (both manually and from automated on-line instruments), operational quantities (test costs, time) and quality control data (seasonal limits etc.). It maintains records for all samples received, allows inspection and flagging of data for rechecking of results and produces work sheets for the analysts while maintaining archives of past analyses and quality control information from specified check sums such as duplicates, spikes, references and blanks.

In addition, magnetic tapes can be produced from the database for exchange with other computers. The system accommodates a Shipboard Data Acquisition System (SDAS) designed to collect, store, report or later transfer sample analysis information collected on board a major research vessel during survey cruises on the Great Lakes.

The system allows samples to be associated with projects, each of which will have different sets of tests to be performed. Data from methods with different sensitivities for the same parameter can be handled by the system, which incorporates a dictionary of test characteristics.

Development of the system was started with a PDP 11/34 followed by a PDP-11/60 computer. Minimal effort was required in the final stages to convert the system to a VAX 11/750 machine.

As a result of developing and implementing the system, a number of identified problems in laboratory operations, notably slow sample turnaround, abundance of manual paper work, and other time-consuming and repetitious procedures have been minimized or eliminated.

Résumé

AWQUALABS est un système informatisé qui sert à la saisie, au prétraitement et à l'analyse en temps réel de données brutes. Il sert aussi à l'organisation, à la gestion, au stockage et à la diffusion des résultats d'une série d'analyses chimiques et physiques multiparamétriques effectuées dans des laboratoires de moyennes dimensions chargés de l'analyse de l'eau.

Ce système comprend des installations qui permettent d'y introduire des informations sur les échantillons, les résultats d'analyses (manuellement et à partir d'instruments automatiques branchés à l'ordinateur). On peut y introduire aussi des données quantitatives comme le coût et la durée des tests et des données servant au contrôle de la qualité, notamment les limites saisonnières. Il tient un registre de tous les échantillons reçus, permet d'inspecter et de signaler les données pour la revérification des résultats et produit des feuilles de travail à l'intention des analystes. Il permet aussi d'archiver les résultats des analyses antérieures et les données sur le contrôle de la qualité tirées de résultats témoins obtenus notamment par des tests répétés, des échantillons enrichis, des références et des blancs.

En outre, l'information contenue dans la base de données peut être reproduite sur bande magnétique pour être transmise à d'autres systèmes. AWQUALABS peut être branché à un système embarqué d'acquisition de données (SDAS) servant à la saisie, au stockage, à la diffusion ou au transfert ultérieur de résultats d'analyse d'échantillons obtenus à bord de gros navires de recherche au cours de missions sur les Grands lacs.

Les échantillons peuvent être reliés à divers travaux impliquant chacun différentes batteries de tests. Le système, qui comprend un dictionnaire des caractéristiques des tests, peut aussi traiter les données obtenues par des méthodes exigeant différents degrés de précision pour l'étude d'un même paramètre.

Initialement, le système consistait en un PDP 11/34, puis en un PDP 11/60. Par la suite, il a été facile d'opter pour un ordinateur VAX 11/750.

L'utilisation d'AWQUALABS a permis de réduire au minimum ou d'éliminer un certain nombre de problèmes reliés aux travaux de laboratoire, comme la lenteur du traitement des échantillons, la paperasserie et d'autres tâches répétitives qui nécessitaient beaucoup de temps.

An Automated Computer-Based Water Quality Analytical Laboratory Data Capture/Management System (AWQUALABS)

F.J. Philbert, J.E. Dowell, J. Hodson and G.S. Beal

INTRODUCTION

AWQUALABS is a computer-based Automated Water Quality Analytical Laboratory System designed to perform two major functions in the operations of the Water Quality Branch analytical chemistry laboratories of Environment Canada. These functions are

(i) the real-time capture, preprocessing, and analysis of raw data from a variety of analytical instruments at a corresponding data throughput level and
(ii) the organization, management, storage and reporting of results of a series of multi-parameter chemical and physical analyses.

The system was initially designed to process up to about 25 000 samples undergoing a total of some 375 000 tests annually. It will accept information from a variety of on-line instruments with analog or teletype-like outputs, computer-based equipment, multifunction computer terminals or from manual input sources. The instruments initially physically connected to the CPU (central processing unit) included five Perkin-Elmer atomic absorption spectrophotometers, 18 Technicon AutoAnalyzers®, several gas chromatographs via two Spectra Physics SP 4000 central processors, two Hewlett-Packard model 1858 CHN analyzers, a UV-Vis spectrophotometer, and an ARL computerized inductively coupled argon plasma spectrometer system (ICAP). During the course of system development, however, there was a major reorganization of the laboratory which resulted in changes in operational needs and, hence, the functional requirements of the perceived system. For example, some 75 000 samples for a total of 1 125 000 tests are now being processed in AWQUALABS per year.

The data capture aspects entail, among other things, (i) sampling and processing analog and/or digital signals and signal conversion as necessary, (ii) calculation of standards data and plotting of standard reference curves, (iii) computation and reporting of standards and samples data and results for prescribed parameters, (iv) storage and retrieval of standards data, (v) creation of transaction files for bigger systems such as Environment Canada's National Water Quality Data Bank (NAQUADAT) and the Storage and Retrieval (STAR) system at the Canada Centre for Inland Waters (CCIW), (vi) communication linkage to remote users, and (vii) processing of incoming sample information and analytical data.

The data management functions include awareness functions, generation of sample reports, sample or project status reports, monthly summary and related laboratory statistical reports, quality control checks and flagging of data as necessary, calculation of resources used for projects, and calculation of indices for the laboratory operational performance measurement system (OPMS).

Briefly, therefore, the system is designed to perform functions such as carrying out real-time, on-line processing of a continuous flow of captured data from automated and manual input sources while maintaining an ongoing dialogue with (i) users in the sample logging area, (ii) analysts involved in sample analysis, and (iii) laboratory supervisors and managers interested in quality assurance and management information.

The salient technical and design aspects of AWQUALABS are detailed in Inland Waters/Lands Directorate Technical Bulletin No. 150 (Beal *et al.*, 1987). The system was initially developed around a PDP 11/34 computer upgraded by add-ons and including an RSX-11M operating system and RMS-11K. The PDP 11/34 computer was later replaced by a PDP 11/60 machine with which system program development continued using RSX-11M, Basic plus 2 and RMS-11K. Ongoing evaluation of the AWQUALABS, along with bench-marking exercises on a VAX 11/750 system (courtesy of Digital Equipment Corporation), led to the replacement of the PDP 11/60 computer with a VAX 11/750 machine in March 1983.

AWQUALABS used the LABS 11 system as a base, which had been produced by the Water Quality Branch of the Inland Waters Directorate (IWD), Atlantic Region, Environment Canada (1978). The original LABS 11 programs ran under the RT-11 version 2B operating system using Multiuser Basic. LABS 11 was designed to supply data to NAQUADAT, and this compatibility has been maintained in the AWQUALABS system. Compatibility was also

extended to include the STAR system in use at Canada Centre for Inland Waters, Burlington. Furthermore, samples not intended for STAR or NAQUADAT can be easily processed.

The benefits accrued from the use of this system include (i) more efficient and effective acquisition, reduction, reporting and accessibility of data generated in the laboratory, (ii) improved and more comprehensive laboratory quality assurance practices, (iii) increased sample throughput and, hence, better productivity, (iv) minimization or elimination of repetitious error-prone and tedious manual sample and data processing procedures, and (v) more timely report generation and overall improvement in laboratory operations and laboratory management procedures. For example, a 30% improvement in throughput was realized with the Perkin-Elmer 403 atomic absorption instrument with a reduction in time for data capture functions from 7.5 to 5.25 h. Before the software interfacing of the ARL ICAP was completed, the output from one day of normal laboratory operation required 6 to 7 h of the analyst's time for manual data entry into AWQUALABS. This task can now be done in about 5 min, thereby essentially doubling the capacity of the ICAP facility. Also, a saving of close to 100% was realized in the keypunching of data with the elimination of this function. An added benefit has been the improved integrity of the transferred data with the attendant reduction in time required for checking of the data.

INFORMATION FLOW

Schematics of Information Flow for three typical processes, as presented in the Functional Specifications document of the AWQUALABS development project, are shown in Figures 1A-C. This is the way it used to be. Figures 2A-C show the same schematics depicting the situation following implementation of AWQUALABS.

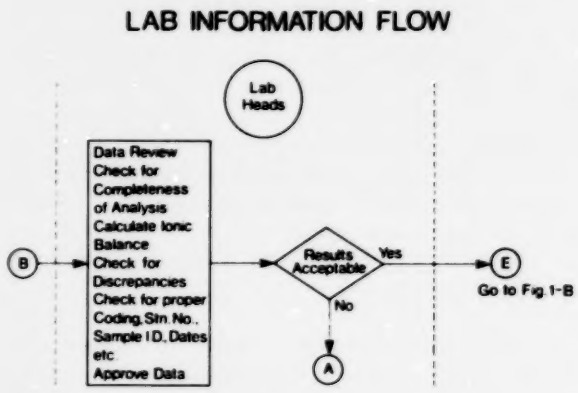

Figure 1-A. Sample processing-acceptance: Pre-AWQUALABS.

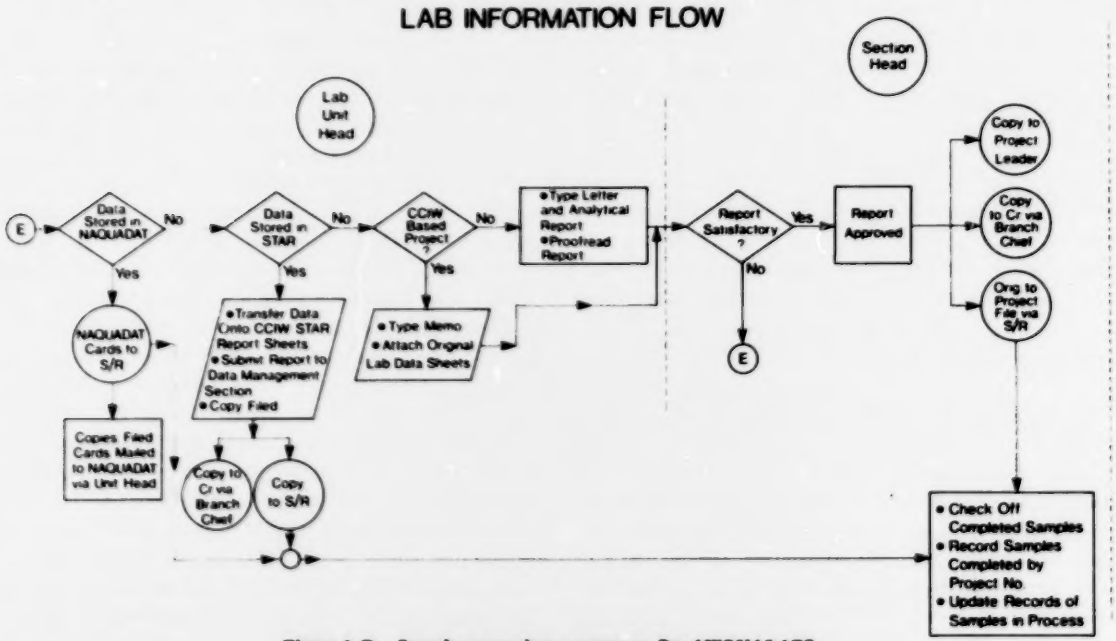

Figure 1-B. Sample processing-acceptance: Pre-AWQUALABS.

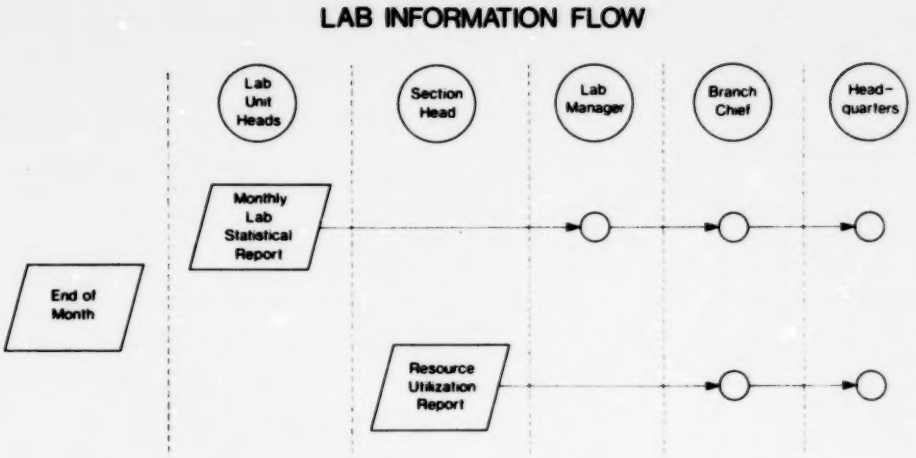

Figure 1-C. Monthly statistical reporting: Pre-AWQUALABS.

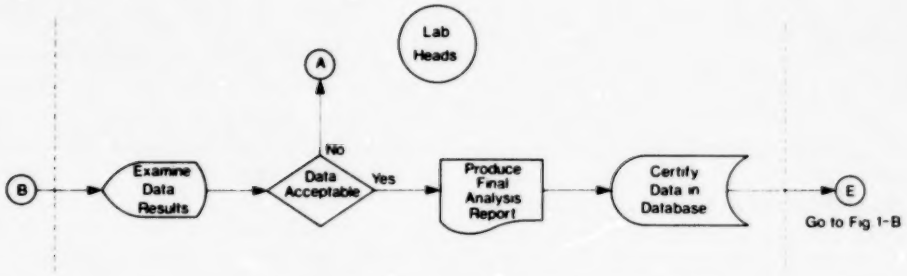

Figure 2-A. Sample processing-acceptance: AWQUALABS.

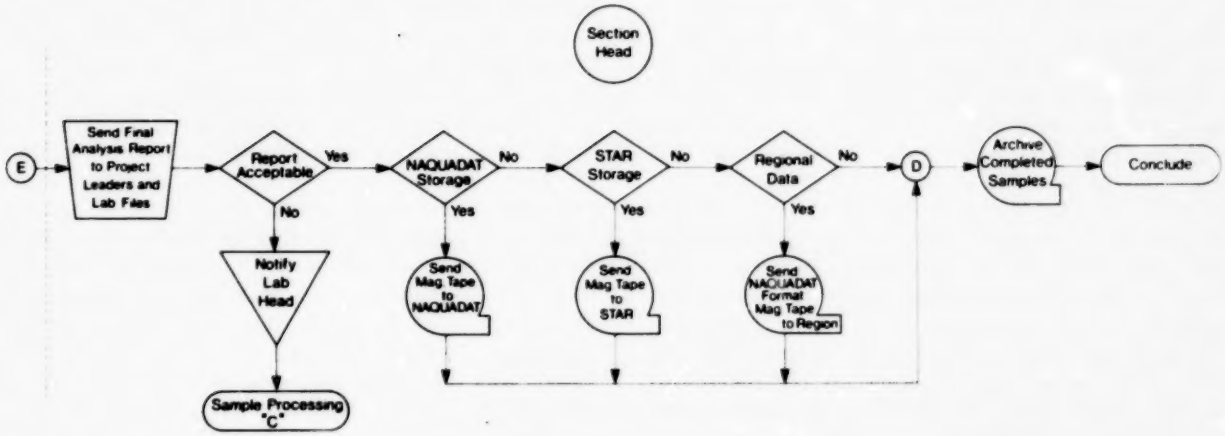

Figure 2-B. Sample processing-acceptance: AWQUALABS.

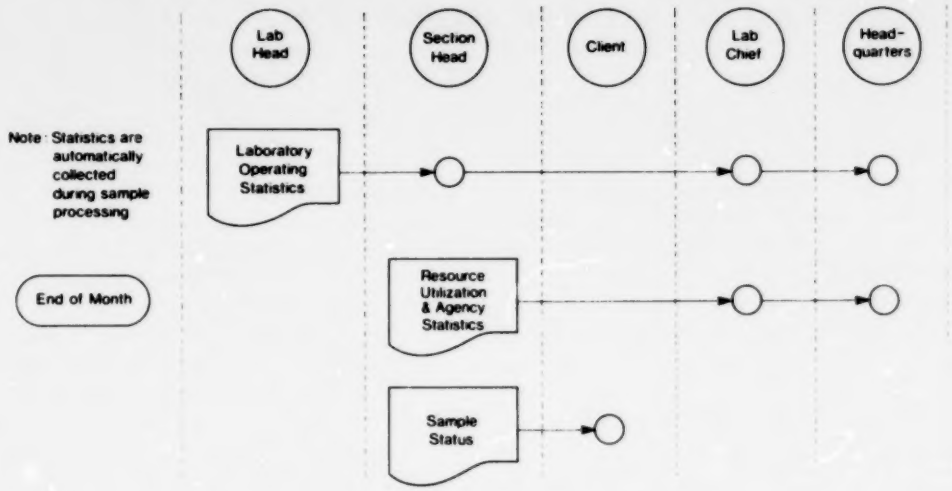

Figure 2-C. Sample processing-acceptance: AWQUALABS.

There are three basic designs: Initiation of Project, Sample Processing, and Report Processing. There have been no major changes in the information flow with the installation of AWQUALABS. All decisions are still initiated by lab personnel, but once information has been introduced to the system, it becomes part of the automated process. There is no further need for any manual data manipulation or abundant paper shuffling. The process involving all calibrations and data and status reports generation are now automated. The only major process not yet fully automated is the Laboratory Quality Control.

SYSTEM DATA ORGANIZATION

The database files of the AWQUALABS system can be separated into four logical divisions: Samples, Support, Statistics, and Miscellaneous. The Samples division contains sample identifications, analytical results for each sample, and an optional sample description. The Support division contains all pre-sample entry information such as an archive of project/study identification, parameter schemas to be used for the samples, a dictionary of parameters, a list of valid NAQUADAT stations, and a list of descriptive codes. The Statistics division contains monthly totals for each project of numbers of samples submitted, analyses expected or completed, and samples completed. There are also monthly totals for each parameter of the number of various aliquot types analyzed. The Miscellaneous division contains those files that belong to individual users or that are accessed by only one program.

Samples

Analytical values are grouped according to the Sample identifier of the container from which the material was taken. Several containers may contain aliquots of the same sample, each labelled by the same identifier. This is also called the Lab Number.

Samples are collected in groups by project/study. The project/study number identifies the person, division, region and agency which requested the analysis and supplied the sampled material. A schema, which is an arrangement of methods that could be used for analysis of a sample, has to be denoted. The methods are grouped by parameter. Every project/study has its own list of schemas. Each such schema is identified by a letter. The letter is attached to the appropriate method entries in the database. Only previously designated schemas can be assigned to a sample of a project for analysis.

Each parameter to be measured for a sample is distinguished by one or more analytical methods from the dictionary. Only one value per parameter can be approved. For example, the parameter "Aluminum Filtered" can be analyzed by direct aspiration (NAQUADAT analysis code 13102) or by solvent extraction (NAQUADAT analysis code 13106). Space for results from both methods would be included in the database for the sample. Method 13102 is analyzed first, and then the value is examined by the analyst who may decide that there is insufficient resolution. Method 13106 is then tried. Only the value for the last employed method would be used in reports, although values for both methods are present in the database.

Every method is described in the following way:

(1) Identification code (NAQUADAT, STAR or AWQUALABS)
(2) Parameter name
(3) Qualifiers
(4) Method name
(5) Instrument type
(6) Group name
(7) Reporting units.

There are three types of sample results, based upon the eventual destination of the analysis results:

(1) NAQUADAT sample results are intended to be stored in the NAQUADAT system in Ottawa, in one of the similarly organized databases at CCIW, or to be sent to the various regional labs.

(2) SURVEILLANCE sample results are intended to be stored in the STAR Data Bank, or in one of the similarly organized databases at CCIW.

(3) Other sample results are sent only to the leader of the project/study.

Each of these different types requires different information for each sample.

Sample Description Information

The following descriptions indicate what information is available for samples of the three different types.

NAQUADAT: The analytical results from these samples are stored in the NAQUADAT Data Bank in Ottawa along with the following typical information:

(1) Project identifier
(2) Station
(3) Submitter identifier
(4) Date sampled
(5) Time sampled
(6) Time zone
(7) Field identifier
(8) Number of containers
(9) Substrate
(10) Composite lab number
(11) Turnaround time
(12) Description
(13) Schema of parameters
(14) Analysis code.

SURVEILLANCE: The analytical results from these samples are stored in the STAR Data Bank at CCIW with the following typical information:

(1) Project identifier
(2) Cruise number
(3) Monitor station number
(4) Consecutive station number
(5) Depth
(6) Number of containers
(7) Substrate
(8) Composite lab number
(9) Turnaround time
(10) Schema of parameters.

OTHER: The analytical results from these samples are sent to the leader of the project/study with the following typical information:

(1) Project identifier
(2) Date sampled
(3) Field identifier
(4) Number of containers
(5) Substrate
(6) Composite lab number
(7) Turnaround time
(8) Schema of parameters.

Data submission is effected in one of three ways as follows:

ON LINE: Some of the instruments can be connected directly to the computer, sending their results to an electronic port.

MANUAL: Where the recording instrument does not connect directly to the computer, results can be typed in by means of a typewriter terminal.

SHIPBOARD: Analytical results for a few parameters, collected by automated shipboard analyses of the samples, are stored on cassette tape. This tape is hooked up to the AWQUALABS computer for direct sample initialization and data submission at the end of each survey.

SYSTEM PROGRAM ORGANIZATION

The AWQUALABS programs can be loosely organized into seven types: sample entry, sample management, sample analysis, acceptance of sample analysis results, sample completion, laboratory management, and database management.

Figure 3 shows a schematic of AWQUALABS. The programs are written in Basic + 2 language for the VAX 11/750 computer with VMS. The programs are designed to (i) accept instructions from CRT terminals; (ii) accept data from CRT terminals, instruments, tapes or other computers; (iii) produce reports on CRT terminals or line printer; (iv) send analytical results to other databases; (v) maintain a tape archive of analytical results; and (vi) maintain a database on on-line disk storage.

Figure 4 shows the processes relating to the sample entry function. Information about samples that have been received is typed in daily. This process reserves space within the sample database for the analytical results.

The primary sample entry programs (NAQRE, MINRE, SURRE) accept information typed by the entry clerk and store the instructions in a temporary file which is emptied overnight by another program (REDAT) to initialize the samples. The remaining two programs (SDAS and MINLA) initialize the samples directly, one from the file of the shipboard analysis data (SDAS) and the other from the information typed by the clerk. The temporary file and program REDAT method was introduced on the PDP 11/60 because of slow response during peak user hours (40 samples per day initialized when 400 were received). Now there is overnight turnaround for all sample initializations.

Report COM is used by the entry clerk to determine whether samples have been initialized properly. If not, then there is a set of programs that can be used to make corrections to the information (MDESC, MLABN, MNAQ, MPADD, MPARM, MSTAT). Statistics for the number of samples received and time required to do analyses are updated automatically as the samples are logged in.

The sample management processes are shown in Figure 5. The analyst examines the sample database to determine which samples are awaiting specific analyses. It is also necessary to do quality control checks on the validity of the analytical results already submitted.

The choice of an analysis to be done must be followed by selection of the samples which are waiting for this particular analysis (WORK, SELWK). Preliminary results can be viewed on the screen (PRE, PRE4). These reports, as shown in Figure 6, are of the same format as the Final Sample Analysis Reports. Since some parameter values bear a relationship with the results of other parameters, there are Quality Control programs (QCCL, IBAL, IBALPR, IBALMN, IBALCA) to accommodate this aspect. The sample analysis scheme is shown in Figure 7.

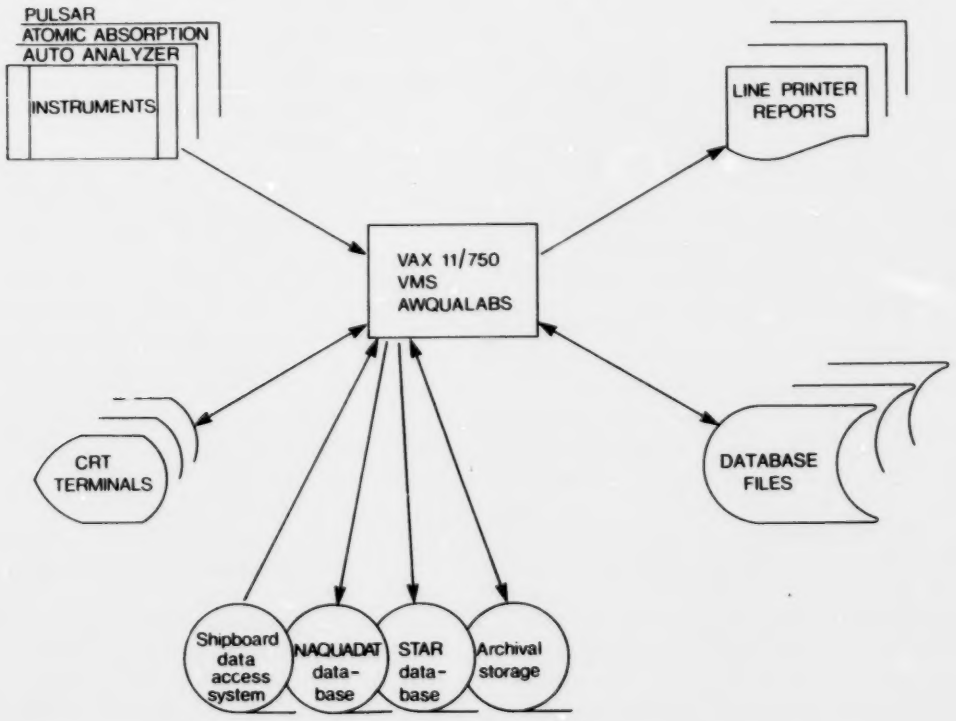

Figure 3. System organization.

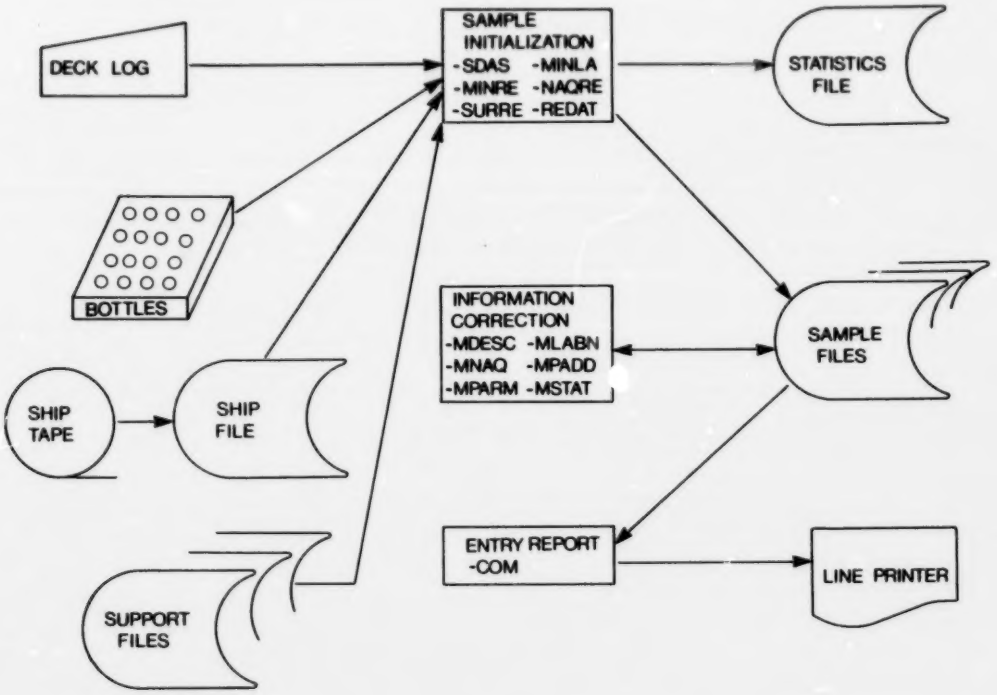

Figure 4. Sample entry (daily).

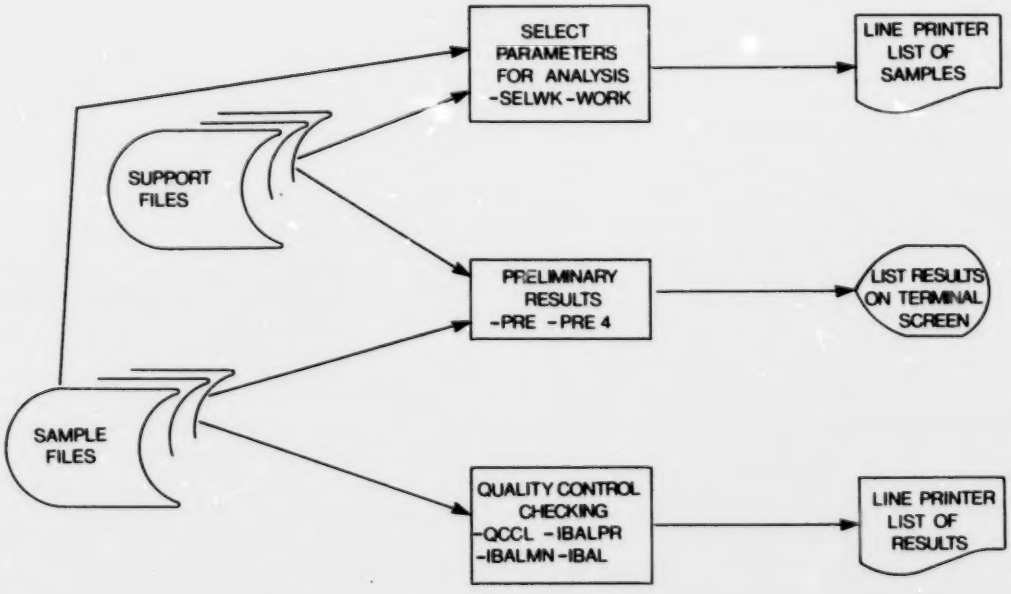

Figure 5. Sample management.

WATER QUALITY LAB

27-Aug-84 PRELIMINARY SAMPLE ANALYSIS REPORT

STUDY ID: 401-84

STUDY TITLE: PACIFIC REGION WATER QUALITY

STUDY LEADER: F.MAH

Sample	8408951	8408952	8408953
Date last analyzed	15-Aug-84	22-Aug-84	15-Aug-84
No. containers	2	3	2
Date received	01-Aug-84	01-Aug-84	01-Aug-84
Exp.completion	26-Sep-84	26-Sep-84	26-Sep-84
CD-TOT(MG/L)	<.001 ?	<.001 ?	<.001 ?
CU-TOT(MG/L)	.008 ?	.004 ?	.004 ?
FE-TOT(MG/L)	3.45 ?	.44 ?	.027 ?1
PB-TOT(MG/L)	.004 ?	.007 ?	.002 ?
MN-TOT(MG/L)	.08 ?	.01 ?	<.01 ?
ZN-TOT(MG/L)	<.001 ?	.003 ?	.004 ?
AS-TOT(MG/L)			
SE-TOT(MG/L)			
HG-TOT(NUG/L)	////////	<0.02 ?	////////

Figure 6. Printout of preliminary sample analysis report.

The analyst runs the instruments, either placing the results directly in the computer or typing the values individually. The submission of analytical results begins with a decision on the use of a tray pattern. A tray pattern file is a user file which identifies the samples in the order in which they will be examined by the instrument. When the instrument measures the amount to be recorded in the sample database, without further calculations required, the values can be typed into the computer manually and program ENMET will place them in the sample database. Otherwise, a tray pattern file is used to reduce the amount of human interaction with the values.

If the instrument is not directly connected to the computer, then the analyst types the instrument responses into the tray pattern. If the instrument is directly connected to the computer, then one of the instrument packages can be used to collect the instrument responses (CHLOR, AUTON, ATABS, PULSAR). As soon as the instrument responses have been placed in the tray pattern file, one of the analytical packages can be used, i.e., Least Square Fit of the Standards (TYFIT, THILO), Chlorophyll (TYCHL, CHSUB), Sulphate (TYSUL), change volume related results to weight related results (TYWET) or specify the number of decimal places in the final results (TYDEC). The final results are copied from the tray pattern file to the sample database (TYCIP).

Through the "Acceptance of Sample Analysis Results" process, which is shown schematically in Figure 8, samples that have been completed are determined and marked for transfer to NAQUADAT or STAR. The detection of completed samples is done by means of a program (COMP) which lists only those samples that have received a value for every expected parameter. The parameter values must be checked and marked "OK" (MINCOL, MINFN, NAQFN, SURFN, ACCEP) by the Final Sample Analysis Reports. A copy of this report is sent to the contact person of the project for which the sample was analyzed.

The processes involved in the sample completion function are shown in Figure 9. The programs transfer results to NAQUADAT or STAR, as requested, and then archive the accepted data.

The results of accepted samples are ready now for transmission and archiving. All samples of projects intended for a NAQUADAT style database are sent to tape (NAQTR) in the format required for input to such a database. The surveillance sample results are intended for the STAR database. They are sent to tape (STAR) in the required format. All samples that reach this point are then archived (ARCIV) by copying to file and tape. Then the samples are deleted from the database.

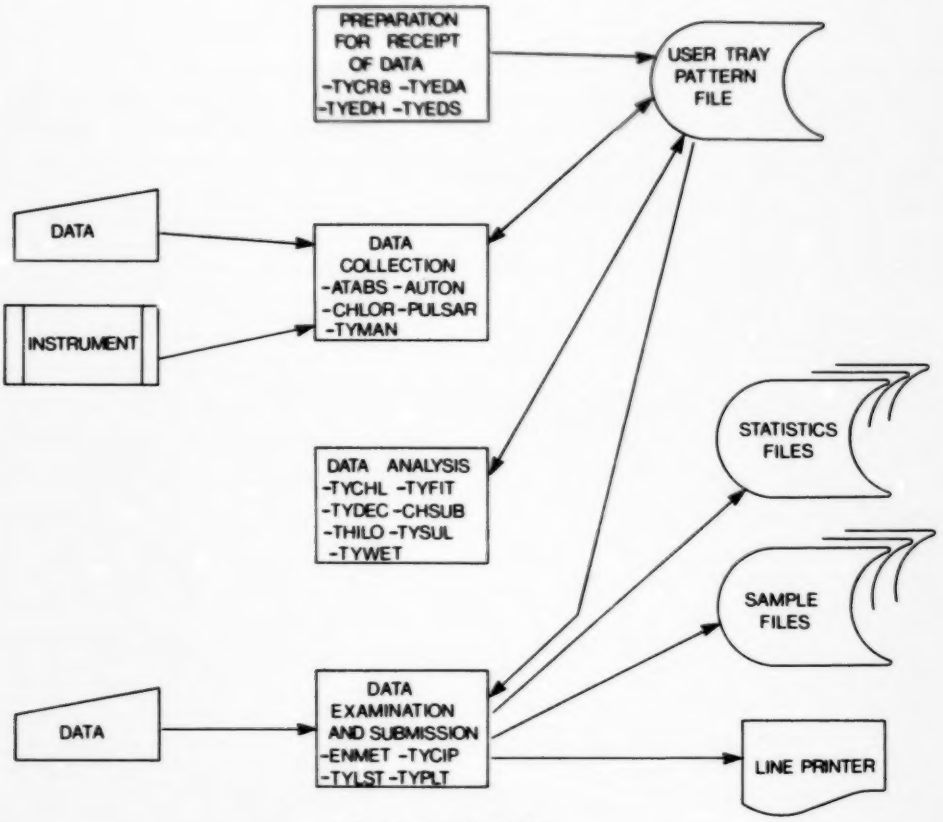
PREPARATION FOR RECEIPT OF DATA -TYCR8 -TYEDA -TYEDH -TYEDS
USER TRAY PATTERN FILE
DATA
INSTRUMENT
DATA COLLECTION -ATABS -AUTON -CHLOR -PULSAR -TYMAN
DATA ANALYSIS -TYCHL -TYFIT -TYDEC -CHSUB -THILO -TYSUL -TYWET
STATISTICS FILES
SAMPLE FILES
DATA
DATA EXAMINATION AND SUBMISSION -ENMET -TYCIP -TYLST -TYPLT
LINE PRINTER

Figure 7. Sample analysis.

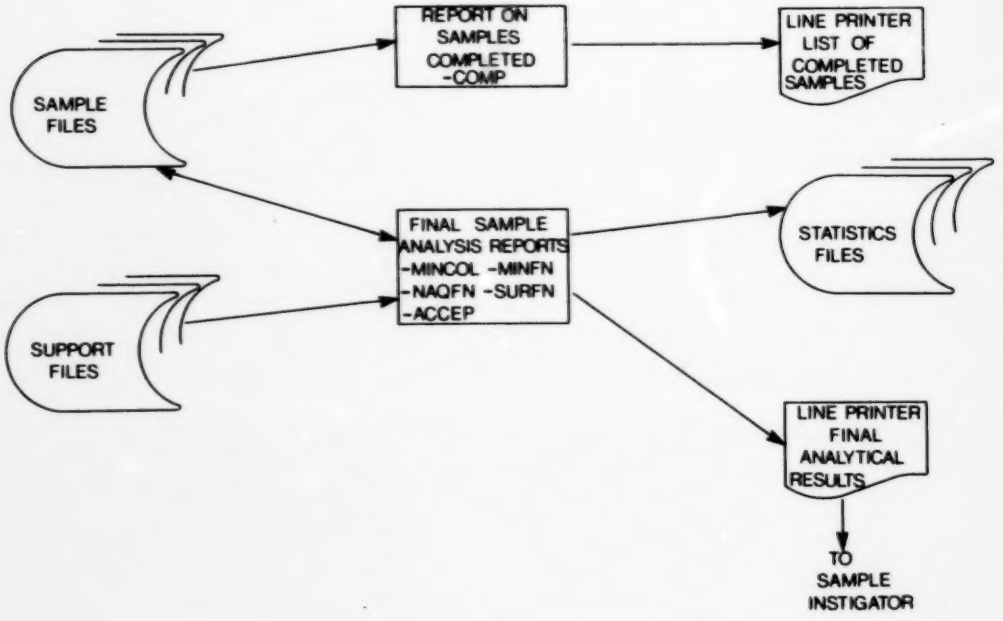
REPORT ON SAMPLES COMPLETED -COMP
LINE PRINTER LIST OF COMPLETED SAMPLES
SAMPLE FILES
FINAL SAMPLE ANALYSIS REPORTS -MINCOL -MINFN -NAQFN -SURFN -ACCEP
STATISTICS FILES
SUPPORT FILES
LINE PRINTER FINAL ANALYTICAL RESULTS
TO SAMPLE INSTIGATOR

Figure 8. Acceptance of sample analysis results.

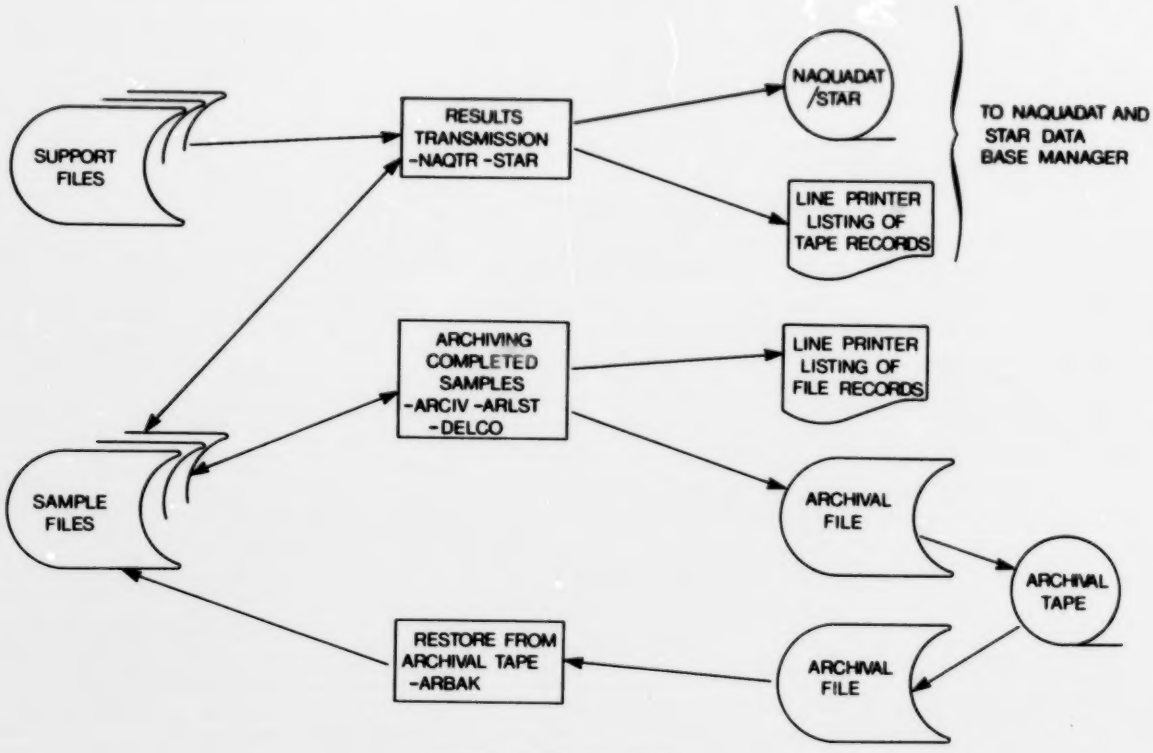

Figure 9. Sample completion.

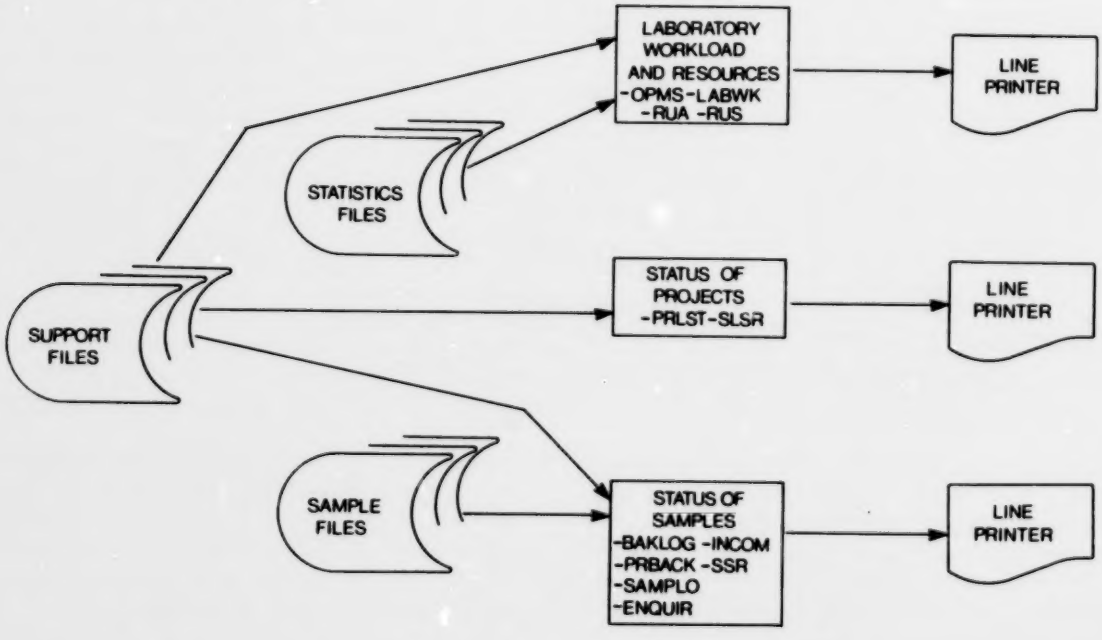

Figure 10. Laboratory management.

As shown in Figure 10, the laboratory management function entails the generation of reports on laboratory workload, resource usage, and sample or project status. The heads of the different laboratory sections require various statistics by which they can control the work to be done and determine the efficiency of the laboratory operation.

(30-Aug-84) LABORATORY WORKLOAD

LABORATORY UNIT: ALL FISCAL YEAR: 84 / 85

SAMPLES OF FISCAL 84 / 85	THIS MONTH	TOTAL
RECEIVED	3002	12235
COMPLETED	1350	2580
IN PROCESS	9655	

TEST COMPLETED	THIS MONTH	FISCAL YEAI
SAMPLES	15179	64974
STANDARDS	2778	10463
BLANKS	692	3147
DUPLICATES	507	1740
SPIKES	291	1463
DILUTIONS	1290	3389
REFERENCES	688	2452
WASHES	1220	3893
RECHECKS	1523	3168
TOTAL	24168	94689

METHOD		NUMBER OF TESTS				
ID	NAME	SMPLS.	STDS.	BLKS.	DUPS.	SPKS.	DILNS.
A039	SIO2_REA-UNF-_AU	102	6	13	6	1	0
A040	SO4_FLT-_AU	121	328	72	15	2	251
A041	SO4_UNF-_AU	143	37	28	7	1	4
A048	C_IND-FLT-_AU	484	186	46	36	0	1
A049	C_ORG-FLT-_AU	0	0	0	0	0	0
A053	N_KJ-UNF-_AU	417	48	24	26	9	41
A054	N_KJ-FLT-_AU	715	100	43	35	16	105
A057	N_N+N-FLT-_AU	251	7	20	14	3	15
A058	N_N+N-UNF-_AU	245	11	29	17	4	20
A062	N_NH3-FLT-_AU	5	1	4	1	1	42
A063	N_NH3-UNF-_AU	261	24	0	0	16	79
A066	N_T-PAR-_CHN	38	0	0	0	0	0
A067	N_T-PAR-I-_CHN	4	0	0	0	0	0
A069	P_REA-FLT-_AU	406	0	0	0	0	0
A073	P_T-UNF-_AU	99	7	9	0	0	1
A074	P_T-FLT-_AU	1801	104	107	0	0	25
A077	AL_FLT-_AA	7	6	0	0	0	0
A079	AL_FLT-_AA	23	16	0	0	2	0
A080	AL_EXT-UNF-_AA	97	26	0	3	0	0
A082	AL_EXT-UNF-_AA	31	30	0	2	2	0
A087	BA_FLT-_AA	44	7	0	0	2	0
A088	BA_EXT-UNF-_AA	236	45	0	4	9	0
A098	CD_T-UNF-_AA	171	29	0	0	6	0

Figure 11. Printout of laboratory workload report.

It is possible to get reports of the workload conditions under which the labs have operated (LABWK, OPMS) and also to identify the projects and studies for which the lab resources were used and to what percentage (Figs. 11 and 12). A great deal of information about the various projects is archived at the beginning of each fiscal year. This information can be listed as it is required (PRLST, SLRS). An example of a PRLST printout is shown in Figure 13.

An important component of laboratory management is the knowledge of which parameters are holding back the acceptance of samples. There are several reports available with information about the backlog (INCOM, PRBACK, SSR, BAKLOG, SAMFLO, ENQUIR). Two such typical reports are shown in Figures 14 and 15.

Database Management

The database maintenance programs permit the making of corrections to the database files when necessary (Fig. 16). There are a number of programs necessary to deal with errors that may have crept into the various databases. For example, invalid samples must be removed. If the system goes down or the user aborts the program during an update, the parameter linkages may be invalid. As shown in Figure 16, several programs were written to handle problems that have occurred in the past. There is also a set of programs to update the support files, for example, to add a new parameter, a new schema, a new project, or a new NAQUADAT station.

OPMS - OPERATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM

30-Aug-84

FISCAL YEAR: 84 / 85 MONTH: AUG

MONTH	
SAMPLE TESTS	15179
ALL TESTS	24168
SPIKES	291
REPLICATES	507
RECHECKS	1523
STANDARDS	2778
BLANKS	692
MAN-HOURS USED	2258.56
MANPOWER EFFICIENCY	.673655
PERCENT QUALITY CONTROL	12.7584
PERCENT STANDARDIZATION	19.0743
SAMPLES RECEIVED THIS FISCAL YEAR	9139
SAMPLES PROCESSED THIS FISCAL YEAR	7480
PERCENT LAB EFFECTIVENESS	81.847

Figure 12. Printout of operational performance measurement report.

```
----------401-84----------
.Title.                                  PACIFIC REGION
                                         WATER QUALITY
.Type project/study.        WQB-PR
.Leader.                    F.MAH
.Address.                   WQB,VANCOUVER
.Telephone.                 987-7756
.Full desc file spec.
.Division.                   1 LABORATORY
.Region.                     5 PACIFIC
.Agency.                     5 IWD-WQB PACIFIC
.Nat/Reg program.           REGIONAL
.Turnaround.                 8
.Resp labs (max 3).         OAL, IAL
.Starting date.             APRIL 84
.Completion date.           MARCH 85
.When required.
.Schemas (max 20).          A PAHS, B PAHW, C TCDD-F, D TCDD-S, E PAHPTHF,
                            F PAHPTHW, G PAHPTHS, H TM-FISH8, I HG-FISH,
                            J TM-W6TU, K AS/SE, L HG-TOT, M BA-DISS, N BA-EXT,
                            O MO-TOTU, P CA&MG
.Samp freq.
.No smpls expected.          0
.Smpl types (max 6).                     1 WATER
                                         9 FISH
                                         6 SEDIMENT
.Project/Study id prev yr.999-82
```

	SAMPLES RECEIVED	TOTALS SAMPLES ANALYZED	TESTS
MAY 84	302	0	91
JUN 84	297	0	1738
JUL 84	411	396	2759
AUG 84	185	588	1509
TOT	1195	984	6097

	TIME REQUIRED	TOTALS TIME USED	COST
MAY 84	86.5597	1.82	.728
JUN 84	126.34	134.812	1805.15
JUL 84	176.021	220.981	6297.76
AUG 84	111.62	125.842	3586.43
TOT	500.54	483.454	11690.1

Figure 13. Printout of project information listing.

S A M P L E F L O W

SAMPLES - 8414110 TO 8414120
- PROJECT: 777-84

09-Oct-84

SAMPLE ID	DAYS REM.	DAYS OVER	DUE DATE	SCHEMAS	PARAM.REM.	PARAM.COMP.	ACCEPTANCE
8414110	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414111	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414112	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414113	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414114	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414115	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	3	8	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414116	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414117	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414118	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414119	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414120	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	

TOTAL # COMPLETED SAMPLES = 0

TOTAL # UNCOMPLETED SAMPLES = 11

Figure 14. Printout of sample flow report.

```
L A B O R A T O R Y    W O R K    S H E E T

PARAMETER - A463(33008)(S314)AS_T-UNF_ACID.DIG_ICP_TM_MG/L  30-Aug-84
THERE ARE 101 SAMPLES AWAITING ANALYSIS

RANGE REQUESTED: 8408000 - 8409000

  097-84        8408060 - 8408065

  203-84        8408742 - 8408754

  108-84        8408886 - 8408888

  108-84        8408890

  401-84        8408923 - 8409000
```

Figure 15. Printout of laboratory work sheet.

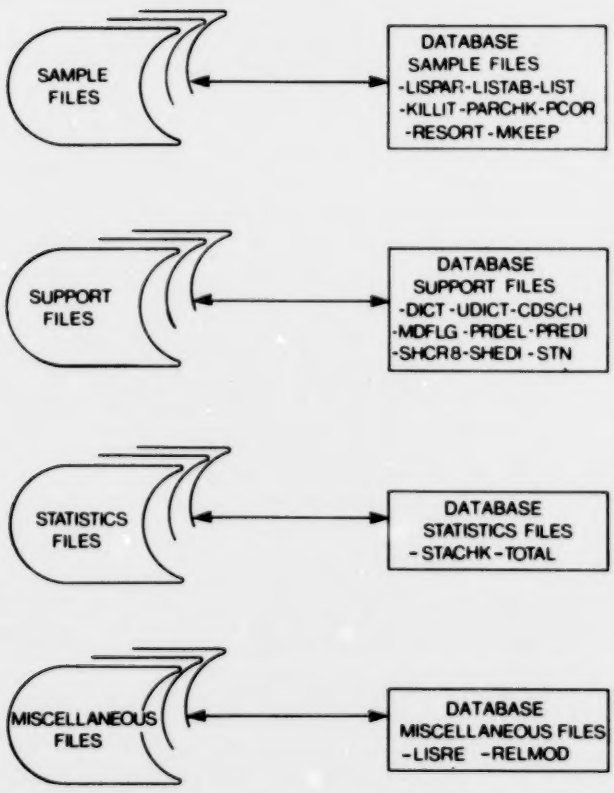

Figure 16. Database maintenance.

CONCLUSION

AWQUALABS represents a successful, although protracted, attempt to design, develop and implement an automated computerized data capture/management system for a modern well-equipped water chemistry analytical laboratory. Every aspect of laboratory operation that was amenable to cost-effective automation has been automated. Based on the users' responses to a recent questionnaire, the system appears to be satisfying their current needs. Also, laboratory operational efficiency and effectiveness have been improved considerably with the implementation of the system.

ACKNOWLEDGMENTS

Although it is impossible to name everyone involved in the planning and development of AWQUALABS, the authors wish to express their appreciation to all who helped in some way. Specifically acknowledged is the contribution made by the following people who, at some time during the project, formed part of the development team:

R. Bingham
P. Brooksbank
H. Clignett (deceased)
J.A. Coburn
R.J. Desrosiers
M. Duffield
B. Hanson
E.J. Harrison
R.C.J. Sampson

J.A. Coburn and R.C.J. Sampson played key roles in overseeing the implementation of the system. R.C.J. Sampson also contributed by providing updated information for this paper.

The authors appreciate the support and/or advice provided by others, including G.K. Rodgers, S.H.Whitlow, J.S. Ford, A.S. Watson, J. Rogalsky, and R. Duffield. As well, all of the representatives of Digital Equipment of Canada Ltd. involved, in particular Ian McKinnon, were very co-operative. Finally, the authors would like to thank the Water Quality Branch laboratory staff at Burlington for their constructive criticism, co-operation and patience.

REFERENCES

Beal, G.S., F.J. Philbert, and J.E. Dowell. 1987. Experiences in system design for, and the development and implementation of, an automated computer-based water quality analytical laboratory data capture/management system (AWQUALABS). Presented at the 6th Annual Meeting of Advances in Analytical Instrumentation and Technology, Toronto, October 10-12, 1984. Tech. Bull. No. 150, Water Quality Branch, Inland Waters/Lands Directorate, Burlington, Ontario.

Environment Canada. 1978. LABS 11 – A Laboratory Data Management System. Inland Waters Directorate, Atlantic Region, Water Quality Branch, Moncton, New Brunswick.

Environnement Canada Environment Canada

Système informatisé de saisie et de gestion de données d'analyse de la qualité de l'eau en laboratoire (AWQUALABS)

F.J. Philbert*, J.E. Dowell†, J. Hodson† et G.S. Beal†

*Direction de la qualité des eaux
Direction générale des eaux intérieures et des terres
Région de l'Ontario
Burlington (Ontario)

†Institut national de recherche sur les eaux
Direction générale des eaux intérieures et des terres
Centre canadien des eaux intérieures
Burlington (Ontario)

ÉTUDE N° 149, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES ET DES TERRES
RÉGION DE L'ONTARIO
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
BURLINGTON (ONTARIO) 1987

(Available in English on request)

Publié avec l'autorisation
du ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

Nº de cat. En 36-503/149F

ISBN 0-662-94457-7

Table des matières

Page

RÉSUMÉ v

ABSTRACT v

INTRODUCTION 1

CIRCULATION DE L'INFORMATION 2

CLASSEMENT DES DONNÉES DANS LE SYSTÈME 2
Échantillons 5
Information sur la description des échantillons 5

CLASSEMENT DES PROGRAMMES DU SYSTÈME 6
Gestion des bases de données 9

CONCLUSIONS 13

REMERCIEMENTS 16

RÉFÉRENCES 17

Illustrations

Figure 1A-C. Circulation de l'information avant AWQUALABS 2
Figure 2A-C. Circulation de l'information d'AWQUALABS 4
Figure 3. Configuration du système 6
Figure 4. Entrée des données (quotidiennement) 7
Figure 5. Gestion des échantillons 8
Figure 6. Imprimé d'un rapport d'analyse préliminaire d'échantillons 9
Figure 7. Analyse des échantillons 10
Figure 8. Acceptation des résultats d'analyse des échantillons 10
Figure 9. Achèvement du traitement des échantillons 11
Figure 10. Gestion du laboratoire 11
Figure 11. Imprimé d'un rapport sur la charge de travail d'un laboratoire 12
Figure 12. Imprimé d'un rapport sur l'efficacité d'un laboratoire 13
Figure 13. Imprimé donnant des informations sur les travaux 14
Figure 14. Imprimé d'un rapport sur le déroulement du traitement d'échantillons . . . 15
Figure 15. Imprimé d'une feuille de travail de laboratoire 16
Figure 16. Maintien d'une base de données 16

Résumé

AWQUALABS est un système informatisé qui sert à la saisie, au prétraitement et à l'analyse en temps réel de données brutes. Il sert aussi à l'organisation, à la gestion, au stockage et à la diffusion des résultats d'une série d'analyses chimiques et physiques multiparamétriques effectuées dans des laboratoires de moyennes dimensions chargés de l'analyse de l'eau.

Ce système comprend des installations qui permettent d'y introduire des informations sur les échantillons, les résultats d'analyses (manuellement et à partir d'instruments automatiques branchés à l'ordinateur). On peut y introduire aussi des données quantitatives comme le coût et la durée des tests et des données servant au contrôle de la qualité, notamment les limites saisonnières. Il tient un registre de tous les échantillons reçus, permet d'inspecter et de signaler les données pour la revérification des résultats et produit des feuilles de travail à l'intention des analystes. Il permet aussi d'archiver les résultats des analyses antérieures et les données sur le contrôle de la qualité tirées de résultats témoins obtenus notamment par des tests répétés, des échantillons enrichis, des références et des blancs.

En outre, l'information contenue dans la base de données peut être reproduite sur bande magnétique pour être transmise à d'autres systèmes. AWQUALABS peut être branché à un système embarqué d'acquisition de données (SDAS) servant à la saisie, au stockage, à la diffusion ou au transfert ultérieur de résultats d'analyse d'échantillons obtenus à bord de gros navires de recherche au cours de missions sur les Grands lacs.

Les échantillons peuvent être reliés à divers travaux impliquant chacun différentes batteries de tests. Le système, qui comprend un dictionnaire des caractéristiques des tests, peut aussi traiter les données obtenues par des méthodes exigeant différents degrés de précision pour l'étude d'un même paramètre.

Initialement, le système consistait en un PDP 11/34, puis en un PDP 11/60. Par la suite, il a été facile d'opter pour un ordinateur VAX 11/750.

L'utilisation d'AWQUALABS a permis de réduire au minimum ou d'éliminer un certain nombre de problèmes reliés aux travaux de laboratoire, comme la lenteur du traitement des échantillons, la paperasserie et d'autres tâches répétitives qui nécessitaient beaucoup de temps.

Abstract

AWQUALABS is a computer-based data capture/management system used for the real-time capture, preprocessing and analysis of raw data and for the organization, management, storage and reporting of results of a series of multi-parameter chemical and physical analyses in a medium-sized water chemistry analytical laboratory.

The system provides facilities for entering sample identification information, analytical results (both manually and from automated on-line instruments), operational quantities (test costs, time) and quality control data (seasonal limits etc.). It maintains records for all samples received, allows inspection and flagging of data for rechecking of results and produces work sheets for the analysts while maintaining archives of past analyses and quality control information from specified check sums such as duplicates, spikes, references and blanks.

In addition, magnetic tapes can be produced from the database for exchange with other computers. The system accommodates a Shipboard Data Acquisition System (SDAS) designed to collect, store, report or later transfer sample analysis information collected on board a major research vessel during survey cruises on the Great Lakes.

The system allows samples to be associated with projects, each of which will have different sets of tests to be performed. Data from methods with different sensitivities for the same parameter can be handled by the system, which incorporates a dictionary of test characteristics.

Development of the system was started with a PDP 11/34 followed by a PDP-11/60 computer. Minimal effort was required in the final stages to convert the system to a VAX 11/750 machine.

As a result of developing and implementing the system, a number of identified problems in laboratory operations, notably slow sample turnaround, abundance of manual paper work, and other time-consuming and repetitious procedures have been minimized or eliminated.

Système informatisé de saisie et de gestion de données d'analyse de la qualité de l'eau en laboratoire (AWQUALABS)

F.J. Philbert, J.E. Dowell, J. Hodson et G.S. Beal

INTRODUCTION

AWQUALABS est un système informatisé conçu pour remplir deux fonctions principales dans les laboratoires d'analyse de la chimie de l'eau de la Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada. Ces fonctions sont les suivantes :

i) saisie, prétraitement et analyse en temps réel des données brutes fournies par différents instruments d'analyse, à un débit correspondant, et

ii) organisation, gestion, stockage et diffusion des résultats d'une série d'analyses physiques et chimiques portant sur plusieurs paramètres.

Initialement, le système pouvait faire le traitement d'environ 25 000 échantillons faisant l'objet de quelque 375 000 analyses annuellement. Il peut recevoir de l'information comme celle qui est transmise sur téléimprimeur ou à partir de divers instruments ayant des sorties analogiques. Cette information peut provenir aussi d'appareils commandés par ordinateur, de terminaux multifonctions ou de sources d'entrée manuelle des données. Les instruments qui étaient originellement reliés à l'unité centrale de traitement (UC) comprenaient cinq spectrophotomètres d'absorption atomique Perkin-Elmer, 18 analyseurs automatiques Technicon®, plusieurs chromatographes à phase gazeuse (branchés par l'intermédiaire de deux processeurs centraux Spectra Physics SP 4000), deux analyseurs Hewlett-Packard de modèle 185B CHN, un spectromètre dans l'UV et le visible et un spectromètre informatisé plasma-argon couplé par induction (ICAP) de marque ARL. Toutefois, pendant l'élaboration du système, une importante réorganisation du laboratoire a modifié les besoins en matière d'exploitation et, donc, les spécifications fonctionnelles du système envisagé. Par exemple, le système AWQUALABS traite actuellement chaque année environ 75 000 échantillons qui subissent au total 1 125 000 analyses.

La saisie des données implique notamment : i) l'échantillonnage et le traitement de signaux analogiques ou numériques, ou les deux, et la conversion des signaux au besoin, ii) l'établissement de données sur les normes et le traçage de courbes de référence standard, iii) l'établissement et la communication des données sur les normes et sur les échantillons et des résultats propres à des paramètres préétablis, iv) le stockage et la recherche des données sur les normes, v) la création de fichiers mouvements pour des systèmes plus puissants, comme la banque nationale de données sur la qualité des eaux (NAQUADAT) d'Environnement Canada et le système de stockage et de recherche de données (STAR) du Centre canadien des eaux intérieures (CCEI), vi) la communication avec des utilisateurs éloignés, et vii) le traitement de l'information sur les échantillons et les données d'analyse transmises au système.

Les fonctions de gestion des données comprennent des fonctions de signalisation; la production de rapports sur les échantillons, de rapports d'avancement des travaux ou sur les échantillons, de sommaires mensuels et de rapports statistiques connexes de laboratoire; le contrôle de la qualité et la signalisation de données au besoin; le calcul des ressources consacrées à l'exécution des travaux; et le calcul d'indices pour le système de mesure du rendement des opérations de laboratoire (OPMS).

En bref donc, le système est conçu pour pouvoir traiter en direct et en temps réel des données fournies sans interruption par des sources d'entrée automatiques et manuelles tout en communicant en permanence avec i) les utilisateurs pour l'archivage des échantillons, ii) les responsables des analyses des échantillons, et iii) les surveillants et dirigeants de laboratoire intéressés par la qualité et la gestion des données.

Les principales caractéristiques techniques et de conception du système AWQUALABS sont décrites en détail dans l'Étude nº 150, Collection des rapports techniques, Direction des eaux intérieures et des terres (Beal

et coll., 1987). Ce système a été développé initialement à partir d'un ordinateur PDP 11/34 perfectionné par un équipement supplémentaire et comprenant un système d'exploitation RSX-11M et un RMS-11K. Par la suite, le PDP 11/34 a été remplacé par un PDP 11/60, mais le développement du programme s'est poursuivi à l'aide du RSX-11M, du Basic plus 2 et du RMS-11K. L'évaluation continue de l'AWQUALABS en même temps que les tests d'évaluation des performances du système VAX 11/750 (aimablement fourni par la Digital Equipment Corporation) ont conduit au remplacement du PDP 11/60 par le VAX 11/750 en mars 1983.

La base de l'AWQUALABS était le système LABS 11 produit par la Direction de la qualité des eaux de la Direction générale des eaux intérieures (DGEI), Région de l'Atlantique, Environnement Canada (1978). Les programmes LABS 11 originaux étaient exécutés par le système d'exploitation RT-11, version 2B, en langage Basic Multiuser. Le LABS 11 était conçu pour fournir des données à la NAQUADAT; cette fonction a été maintenue lors de l'instauration du système AWQUALABS. Cette compatibilité a également été étendue au système STAR en usage au Centre canadien des eaux intérieures, à Burlington. De plus les échantillons non destinés au STAR ou à la NAQUADAT peuvent être traités facilement.

L'utilisation du nouveau système présente de nombreux avantages : i) la saisie, la réduction et la communication des données obtenues en laboratoire sont plus efficaces et ces données sont plus facilement accessibles; ii) les pratiques de contrôle de la qualité en laboratoire sont améliorées et plus complètes; iii) les échantillons sont traités plus rapidement et, donc, la productivité est accrue; iv) les méthodes manuelles laborieuses et sujettes à des erreurs propres au traitement des échantillons et aux données sont réduites au minimum ou supprimées; v) enfin les rapports sont produits plus rapidement et les opérations et les méthodes de gestion du laboratoire connaissent une amélioration générale. Par exemple, l'entrée en service du spectrophotomètre d'absorption atomique Perkin-Elmer 403 a réduit de 30 % le temps de traitement des échantillons et la période de saisie des données de 7.5 à 5.25 h. Avant la mise en interface de l'ICAP ARL avec un logiciel, le responsable des analyses devait consacrer 6 ou 7 h pour introduire manuellement dans l'AWQUALABS les résultats d'une journée normale de travail en laboratoire. Cette opération s'effectue maintenant en 5 min environ, ce qui revient essentiellement à doubler la capacité de l'installation ICAP. En outre, avec l'installation du système, la transcription des données sur cartes perforées n'est plus nécessaire. Sans compter que la fiabilité des données est plus grande, de sorte qu'il faut consacrer moins de temps à les vérifier.

CIRCULATION DE L'INFORMATION

Les figures 1A-C illustrent la circulation de l'information avant AWQUALABS, pour trois processus typiques comme le présente le document des spécifications fonctionnelles du projet d'élaboration du système. Les figures 2A-C montrent la circulation de l'information après la mise en application d'AWQUALABS.

Le réseau permet trois fonctions de base : mise en oeuvre des opérations, traitement des échantillons et traitement des rapports. L'installation d'AWQUALABS n'a apporté aucun changement dans la circulation de l'information. Toutes les décisions sont encore prises par le personnel du laboratoire, mais dès que l'information est introduite dans le système, elle entre dans le processus de traitement automatique. Il n'est alors plus nécessaire de manipuler les données manuellement ou d'organiser une masse de documents. Tous les étalonnages et la production des rapports sur les données et des rapports d'avancement des travaux sont automatisés. La seule fonction importante qui ne soit pas encore entièrement informatisée est le contrôle de la qualité des opérations de laboratoire.

CIRCULATION DE L'INFORMATION DANS LES LABORATOIRES

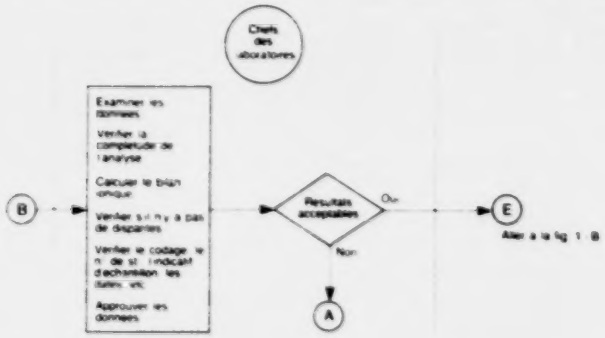

Figure 1-A. Traitement des échantillons et acceptation des résultats avant AWQUALABS.

CLASSEMENT DES DONNÉES DANS LE SYSTÈME

Les fichiers de la base de données du système AWQUALABS peuvent être divisés en quatre parties logiques : échantillons, données de soutien, statistiques et divers. La partie Échantillons contient les indicateurs des échantillons, les résultats d'analyse de chaque échantillon et une description, optionnelle, des échantillons. La partie Données de soutien contient toute l'information préalable à l'entrée des données sur les échantillons, notamment :

l'identification des travaux, des schémas des paramètres servant à l'analyse des échantillons, un dictionnaire de paramètres, une liste des stations NAQUADAT valides et une liste de codes de description. La partie Statistiques contient les totaux mensuels du nombre d'échantillons soumis à l'analyse pour chaque travail, les données sur les analyses prévues ou terminées et les données sur les échantillons traités. On y trouve également les totaux mensuels du nombre de différents aliquots analysés et ce, pour chaque paramètre. La partie Divers contient les fichiers qui appartiennent aux utilisateurs ou auxquels on n'accède que par un seul programme.

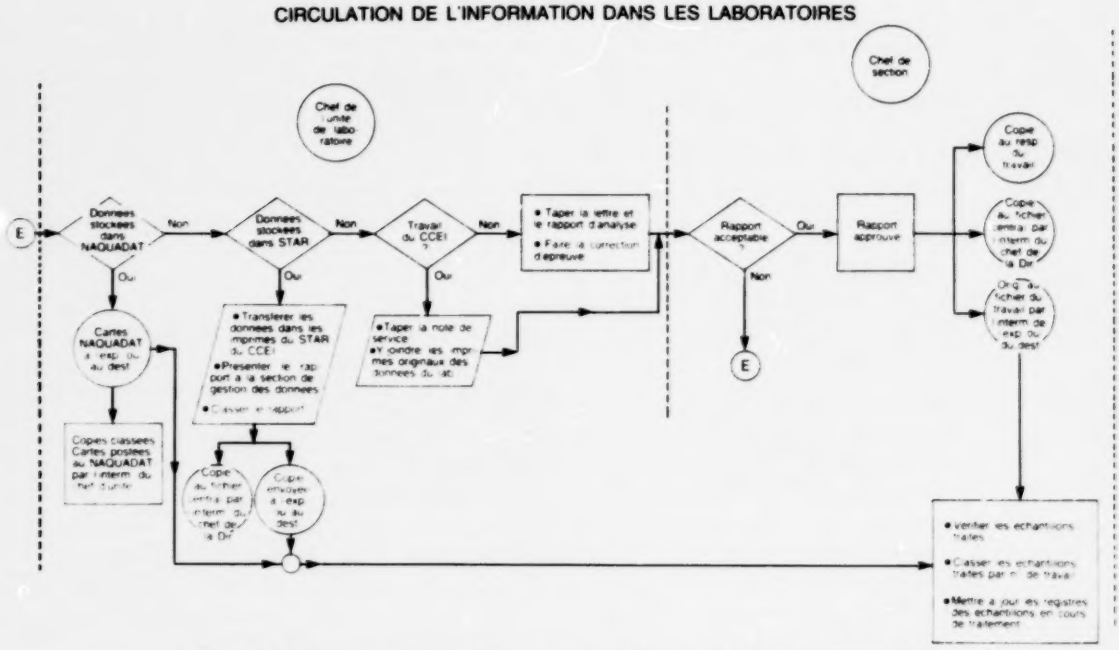
CIRCULATION DE L'INFORMATION DANS LES LABORATOIRES
Chef de section
Chef de unité de laboratoire
E
Données stockées dans NAQUADAT
Non
Oui
Données stockées dans STAR
Non
Oui
Travail du CCEI ?
Non
Oui
• Taper la lettre et le rapport d'analyse
• Faire la correction d'épreuve
Rapport acceptable ?
Oui
Non
Rapport approuvé
Copie au resp du travail
Copie au fichier central par interm du chef de la Dir
Orig du fichier du travail par interm de resp du dest
Cartes NAQUADAT à resp du au dest
Copies classées Cartes postées au NAQUADAT par interm du chef de unité
• Transférer les données dans les mnémos du STAR du CCEI
• Présenter le rapport à la section de gestion des données
• Classer le rapport
• Taper la note de service
• Y joindre les impr mes originaux des données du lab
Copie au fichier central par interm du chef de la Dir
Copie envoyée à resp au dest
E
• Vérifier les échantillons traités
• Classer les échantillons traités par n de travail
• Mettre à jour les registres des échantillons en cours de traitement

Figure 1-B. Traitement des échantillons et acceptation des résultats avant AWQUALABS.

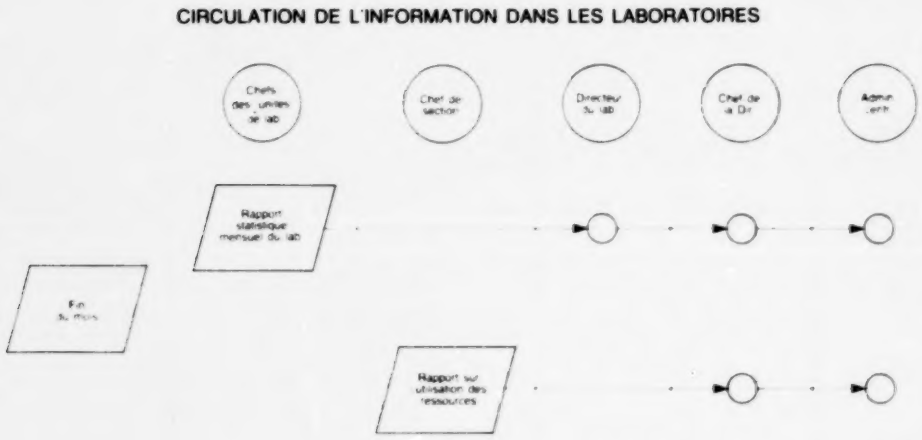
CIRCULATION DE L'INFORMATION DANS LES LABORATOIRES
Chefs des unités de lab
Chef de section
Directeur du lab
Chef de la Dir
Admin centr
Rapport statistique mensuel du lab
Fin du mois
Rapport sur utilisation des ressources

Figure 1-C. Rapport statistique mensuel avant AWQUALABS.

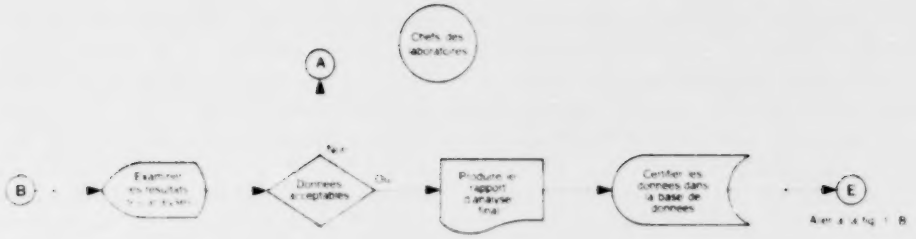

Figure 2-A. Traitement des échantillons et acceptation des résultats d'AWQUALABS.

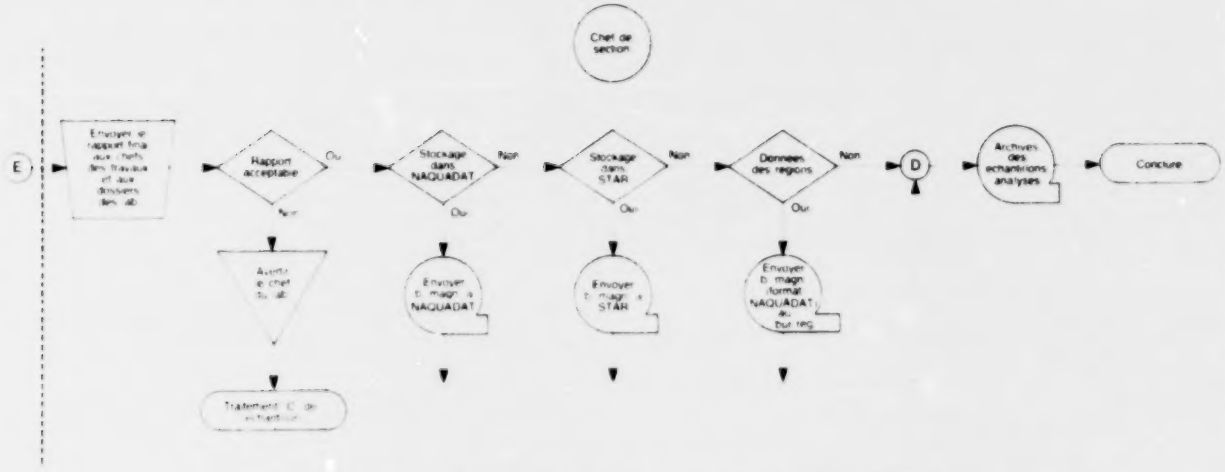

Figure 2-B. Traitement des échantillons et acceptation des résultats d'AWQUALABS.

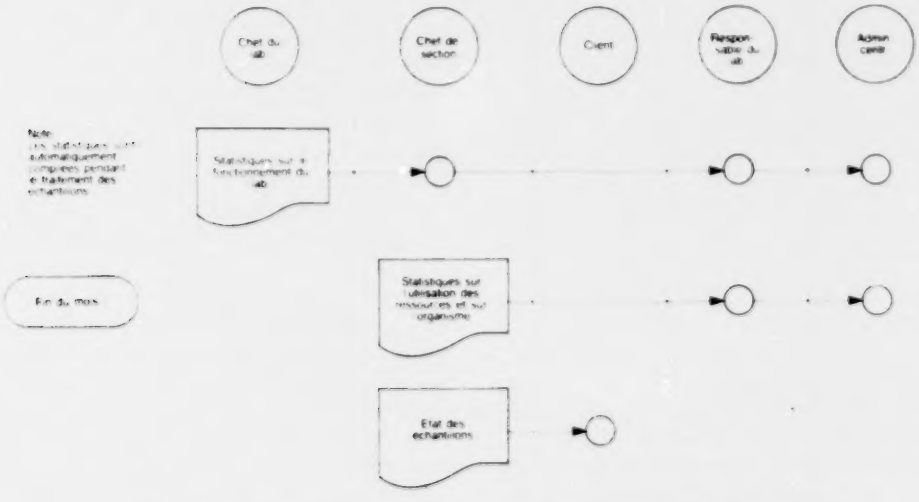

Figure 2-C. Traitement des échantillons et acceptation des résultats d'AWQUALABS.

Échantillons

Les résultats des analyses sont groupés d'après l'indicatif d'échantillon du contenant d'où les données sont tirées. Plusieurs contenants peuvent comprendre des aliquots du même échantillon, chacun ayant le même indicatif, aussi appelé numéro de laboratoire.

Les échantillons sont groupés par travail de recherche. Le numéro du travail désigne la personne, la division, la région et l'organisme qui a demandé l'analyse et fourni l'échantillon. Il faut élaborer un schéma, qui est l'ensemble des méthodes pouvant servir à l'analyse d'un échantillon. Ces méthodes sont groupées par paramètre. Chaque travail de recherche possède sa propre liste de schémas identifiés par une lettre, qui est reliée aux entrées appropriées dans la base de données. Seuls des schémas déjà désignés peuvent être attribués à un échantillon à analyser dans le cadre d'un travail de recherche.

Le dictionnaire de paramètres distingue chaque paramètre à mesurer dans un échantillon par une ou plusieurs méthodes d'analyse. Une seule valeur par paramètre peut être approuvée. Par exemple, le paramètre «filtré (aluminium)» peut être mesuré par aspiration directe (code d'analyse 13102 de la NAQUADAT) ou par extraction par solvant (code d'analyse 13106 de la NAQUADAT). La base de données prévoit de l'espace pour introduire les résultats obtenus par les deux méthodes pour l'échantillon en question. La méthode 13102 est employée d'abord, puis le responsable de l'analyse examine la valeur obtenue et peut décider que la résolution est insuffisante. Celui-ci peut alors employer la méthode 13106. Seule la valeur obtenue par la dernière méthode peut être utilisée dans les rapports, même si les valeurs calculées par les deux méthodes sont contenues dans la base de données.

Chaque méthode est décrite par les éléments suivants :

1) Code d'identification (NAQUADAT, STAR ou AWQUALABS)
2) Nom du paramètre
3) Caractéristiques
4) Nom de la méthode
5) Type d'instrument
6) Nom du groupe
7) Unités de signalisation.

Il existe trois types de résultats d'analyse des échantillons, selon leur destination éventuelle :

1) Les résultats d'analyse des échantillons de la NAQUADAT peuvent être stockés dans le système NAQUADAT à Ottawa ou dans une des bases de données similaires du CCEI ou être envoyés dans les différents laboratoires des régions.
2) Les résultats d'analyse des échantillons du système SURVEILLANCE peuvent être stockés dans la banque de données STAR ou dans une des bases de données similaires du CCEI.
3) Les autres résultats d'analyse des échantillons sont envoyés seulement au chef du travail de recherche.

Le stockage des résultats de chacun de ces types nécessite de l'information différente pour chaque échantillon.

Information sur la description des échantillons

Les descriptions suivantes indiquent quelle information est disponible sur les échantillons des trois différents types.

NAQUADAT : Les résultats d'analyse de ces échantillons sont stockés dans la banque de données NAQUADAT à Ottawa avec l'information typique suivante :

1) Indicatif du travail
2) Station
3) Indicatif du demandeur
4) Date de l'échantillonnage
5) Heure de l'échantillonnage
6) Fuseau horaire
7) Indicatif du champ
8) Nombre de contenants
9) Substrat
10) Numéro composite de laboratoire
11) Durée du traitement de l'échantillon
12) Description
13) Schéma des paramètres
14) Code d'analyse.

SURVEILLANCE : Les résultats d'analyse de ces échantillons sont stockés dans la banque de données STAR au CCEI avec les informations typiques suivantes :

1) Indicatif du travail
2) Numéro de l'expédition
3) Numéro de la station de surveillance
4) Numéro consécutif de station
5) Profondeur
6) Nombre de contenants
7) Substrat
8) Numéro composite du laboratoire
9) Durée du traitement de l'échantillon
10) Schéma des paramètres.

AUTRES : Les résultats d'analyse de ces échantillons sont envoyés au chef du travail de recherche avec l'information typique suivante :

1) Indicatif du travail
2) Date de l'échantillonnage
3) Indicatif du champ
4) Nombre de contenants
5) Substrat
6) Numéro composite de laboratoire
7) Durée du traitement de l'échantillon
8) Schéma des paramètres.

La communication des données peut se faire de trois façons :

EN DIRECT : Certains des instruments utilisés peuvent être reliés directement à l'ordinateur et transmettre les résultats à un point d'accès.

MANUELLEMENT : Lorsque l'instrument de mesure n'est pas relié directement à l'ordinateur, les résultats peuvent être introduits au moyen d'un terminal à clavier.

À PARTIR D'UN NAVIRE : Les résultats des analyses des échantillons faites par des dispositifs automatiques de bord sont stockés sur bande magnétique en cassette. À la fin de chaque mission, la cassette est introduite dans l'ordinateur AWQUALABS pour l'initialisation directe des échantillons et l'entrée des données.

CLASSEMENT DES PROGRAMMES DU SYSTÈME

Les programmes AWQUALABS peuvent être classés à peu près en sept types : entrée des échantillons, gestion des échantillons, analyse des échantillons, acceptation des résultats d'analyse, achèvement du traitement, gestion des travaux en laboratoire et gestion de la base de données.

La figure 3 montre un schéma d'AWQUALABS. Les programmes sont écrits en langage Basic + 2 pour l'ordinateur VAX 11/750 à mémoire virtuelle. Ils sont conçus pour : i) recevoir des instructions à partir de terminaux à écran cathodique; ii) recevoir des données provenant de terminaux à écran cathodique, d'instruments, de bandes ou d'autres ordinateurs; iii) produire des rapports présentés sur

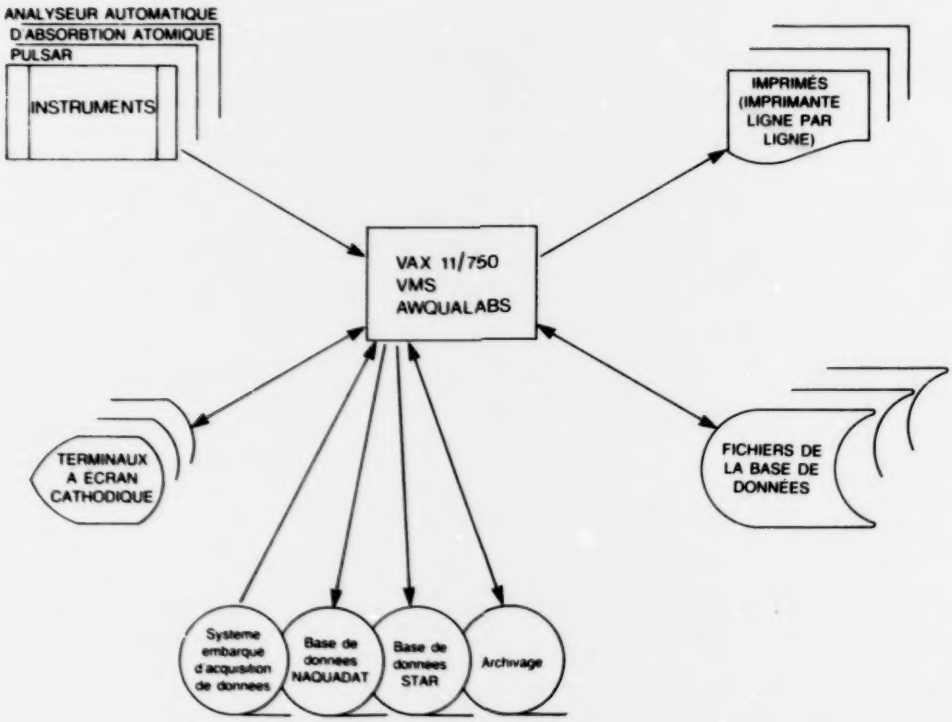

Figure 3. Configuration du système.

terminal à écran cathodique ou sur imprimante ligne par ligne; iv) transmettre les résultats des analyses à d'autres bases de données; v) archiver sur bande magnétique les résultats des analyses; vi) enfin maintenir une base de données dans une mémoire à disques reliée au système.

La figure 4 indique les processus relatifs à la fonction d'entrée des échantillons. L'information sur les échantillons reçus est entrée sur clavier quotidiennement. Il reste cependant de l'espace dans la base de données pour les résultats d'analyse.

Les principaux programmes d'entrée des échantillons (NAQRE, MINRE, SURRE) acceptent l'information tapée par le commis préposé à l'entrée des données et placent les instructions dans un fichier temporaire qui est vidé durant la nuit par un autre programme, le REDAT, pour l'initialisation des échantillons. Les deux autres programmes (SDAS et MINLA) initialisent les échantillons directement, le premier à partir du fichier du système SDAS et le second à partir de l'information introduite par le commis préposé à l'entrée des données. Le fichier temporaire et le programme REDAT ont été intégrés dans le PDP 11/60 parce que le temps de réponse était long durant les heures de pointe (initialisation de 40 échantillons par jour sur 400 échantillons reçus). Maintenant, toutes les initialisations d'échantillons sont effectuées durant la nuit.

Le commis préposé à l'entrée des données se sert du rapport COM pour déterminer si les échantillons ont été initialisés correctement. Dans la négative, il peut faire appel à un ensemble de programmes permettant de corriger l'information (MDESC, MLABN, MNAQ, MPADD, MPARM, MSTAT). Les statistiques sur le nombre d'échantillons reçus et sur la durée des analyses sont mises à jour automatiquement à mesure que les données sur les échantillons sont entrées.

La figure 5 illustre le processus de gestion des échantillons. Le responsable des analyses consulte la base de données sur les échantillons pour déterminer lesquels doivent faire l'objet d'analyses spécifiques. Il est également nécessaire de contrôler la validité des résultats des analyses déjà entrés dans la base de données.

Le choix de l'analyse à effectuer doit être suivi par la sélection des échantillons devant faire l'objet de cette analyse (programmes WORK et SELWK). Les résultats préliminaires peuvent être affichés sur écran (programmes PRE et PRE4). Ces rapports sont présentés sous la même

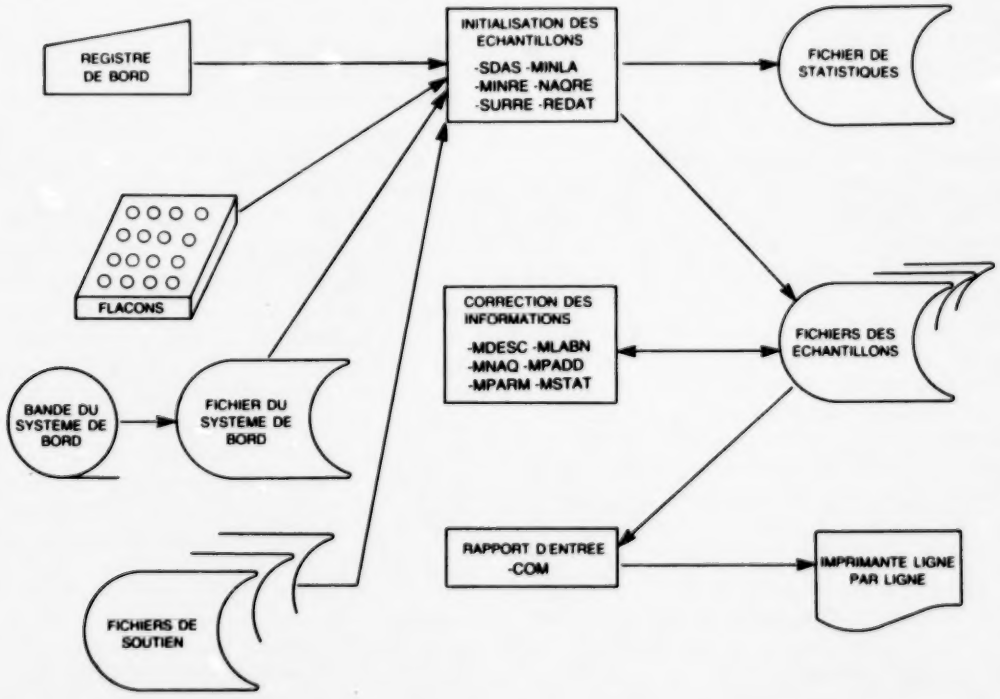

Figure 4. Entrée des données (quotidiennement).

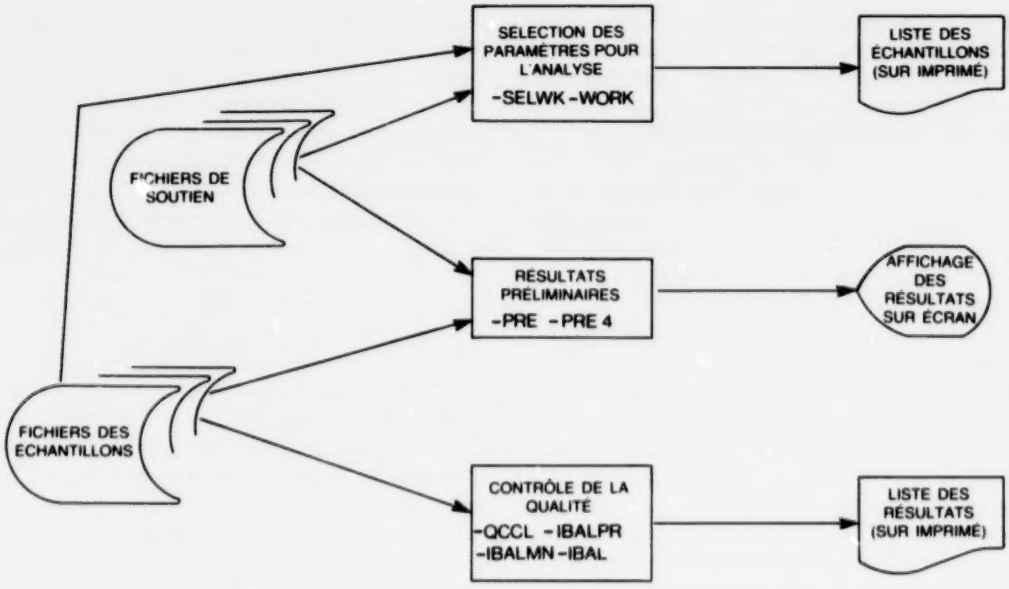

Figure 5. Gestion des échantillons.

forme que les rapports finals d'analyse (voir la figure 6). Comme les valeurs de certains paramètres ont un lien avec celles d'autres paramètres, des programmes de contrôle de la qualité (QCCL, IBAL, IBALPR, IBALMN, IBALCA) permettent d'en tenir compte. La figure 7 donne le schéma d'analyse des échantillons.

L'analyste fait fonctionner les instruments et introduit les résultats directement dans l'ordinateur ou dactylographie les valeurs individuellement. Pour traiter les résultats d'analyse, il faut d'abord décider si l'on utilise un fichier de configuration des échantillons. Il s'agit d'un fichier d'utilisateur qui donne la liste des échantillons dans l'ordre dans lequel ils seront traités par les instruments d'analyse. Lorsque les instruments mesurent les quantités qui devront être introduites dans la base de données sur les échantillons, sans que d'autres calculs soient nécessaires, les valeurs peuvent être introduites manuellement dans l'ordinateur et le programme ENMET les place dans la base de données. Autrement, un fichier de configuration des échantillons est utilisé pour réduire l'intervention humaine eu égard à la manipulation des valeurs.

Si l'instrument d'analyse n'est pas relié directement à l'ordinateur, l'analyste introduit les résultats des mesures dans le fichier de configuration des échantillons. En revanche, si l'instrument est relié directement à la machine, un des progiciels relatifs aux instruments (CHLOR, AUTON, ATABS, PULSAR) peut être utilisé pour recueillir les résultats. Dès que ces résultats ont été introduits dans le fichier de configuration des échantillons, on peut utiliser l'un des progiciels d'analyse : normes choisies par la méthode des moindres carrés (TYFIT, THILO), chlorophylle (TYCHL, CHSUB), sulfate (TYSUL), transformation des résultats reliés au volume en résultats reliés à la masse (TYWET) ou précision du nombre de décimales dans les résultats finals (TYDEC). Les résultats finals contenus dans le fichier de configuration des échantillons sont copiés dans la base de données sur les échantillons (TYCIP).

Le processus d'«acceptation des résultats d'analyse des échantillons», présenté de manière schématique à la figure 8, implique qu'il faut déterminer quels échantillons ont été analysés et les marquer pour leur transfert dans la base NAQUADAT ou STAR. Cette opération est effectuée par le programme COMP qui ne retient que les échantillons dont l'analyse a donné une valeur eu égard à chaque paramètre considéré. Les valeurs des paramètres doivent être vérifiées et marquées «OK» (MINCOL, MINFN, NAQFN, SURFN, ACCEP) dans les rapports finals d'analyse des échantillons. Une copie de ces rapports est envoyée à la personne ayant commandé l'analyse de l'échantillon.

La figure 9 montre les processus inhérents à la fonction de l'achèvement du traitement. Les programmes transfèrent les résultats dans la base NAQUADAT ou STAR, selon le cas, et archivent les données acceptées.

WATER QUALITY LAB

27-Aug-84 PRELIMINARY SAMPLE ANALYSIS REPORT
STUDY ID: 401-84
STUDY TITLE: PACIFIC REGION WATER QUALITY

STUDY LEADER: F.MAH

Sample	8408951	8408952	8408953
Date last analyzed	15-Aug-84	22-Aug-84	15-Aug-84
No. containers	2	3	2
Date received	01-Aug-84	01-Aug-84	01-Aug-84
Exp.completion	26-Sep-84	26-Sep-84	26-Sep-84
CD-TOT(MG/L)	<.001 ?	<.001 ?	<.001 ?
CU-TOT(MG/L)	.008 ?	.004 ?	.004 ?
FE-TOT(MG/L)	3.45 ?	.44 ?	.027 ?1
PB-TOT(MG/L)	.004 ?	.007 ?	.002 ?
MN-TOT(MG/L)	.08 ?	.01 ?	<.01 ?
ZN-TOT(MG/L)	<.001 ?	.003 ?	.004 ?
AS-TOT(MG/L)			
SE-TOT(MG/L)			
HG-TOT(MUG/L)	////////	<0.02 ?	////////

Figure 6. Imprimé d'un rapport d'analyse préliminaire d'échantillons.

Dès lors, les résultats des analyses sont acceptés et peuvent être transmis et archivés. Tous les échantillons relatifs à des travaux dont les résultats sont destinés à entrer dans une base de données du type de la NAQUADAT sont transférés sur bande (NAQTR) sous la forme propre à leur introduction dans cette base de données. Les résultats d'analyse des échantillons des travaux de surveillance sont destinés à entrer dans la base de données STAR; ils sont transférés sur bande (STAR) sous la forme requise. Tous les échantillons dont le traitement a atteint ce stade sont ensuite archivés (ARCIV) par transfert dans un fichier et sur bande; ils sont ensuite supprimés dans la base de données.

Comme l'indique la figure 10, la fonction de gestion des travaux en laboratoire implique la production de rapports sur la charge de travail du laboratoire, l'utilisation des ressources et l'état d'avancement de l'analyse des échantillons et des travaux. Les chefs des différentes sections de laboratoire ont besoin de diverses statistiques leur permettant de gérer le travail à accomplir et de déterminer l'efficacité des opérations.

Il est possible d'obtenir des rapports sur la charge de travail des laboratoires (LABWK, OPMS) et d'identifier les travaux et les études auxquelles les ressources ont été consacrées, par pourcentage (figures 11 et 12). Beaucoup d'information sur les divers travaux est archivée au début de chaque exercice financier. Cette information peut être présentée au besoin sous forme de listes (PRLST, SLRS). La figure 13 montre un exemple d'un imprimé produit par le programme PRLST.

Un élément important de la gestion des laboratoires consiste à savoir quelles mesures de paramètres retardent l'acceptation des résultats d'analyse des échantillons. Plusieurs rapports renseignent sur les retards (INCOM, PRBACK, SSR, BAKLOG, SAMFLO, ENQUIR). Les figures 14 et 15 montrent deux rapports de ce genre.

Gestion des bases de données

Les programmes de gestion des bases de données permettent d'apporter au besoin des corrections aux fichiers que ces bases de données contiennent (figure 16).

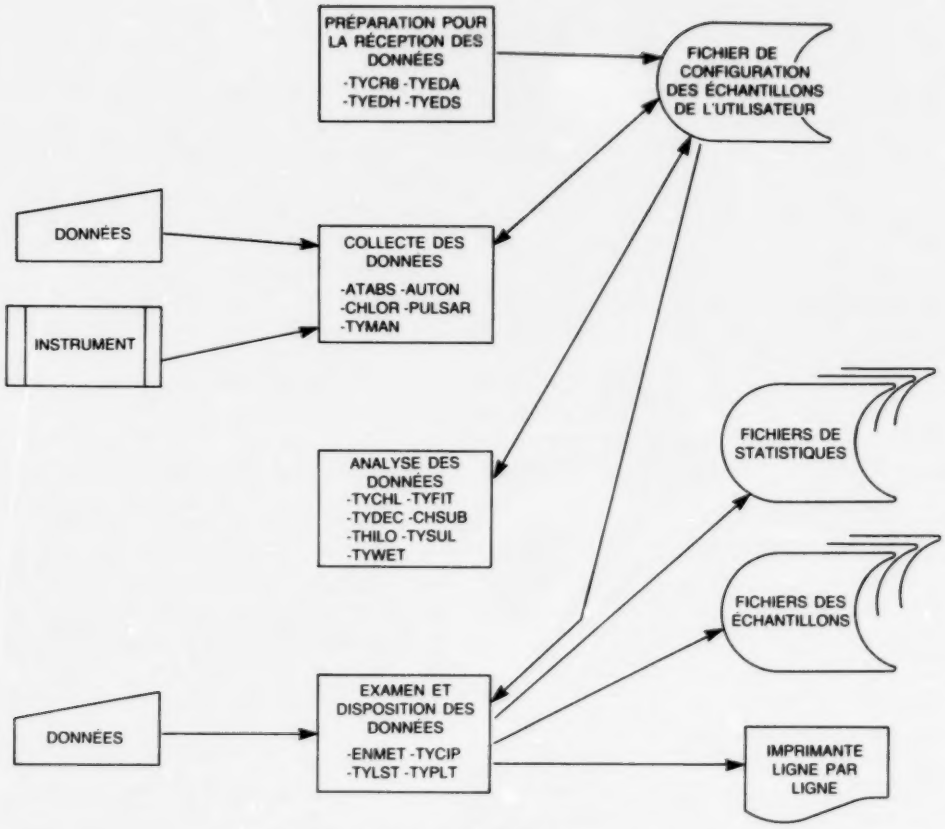

Figure 7. Analyse des échantillons.

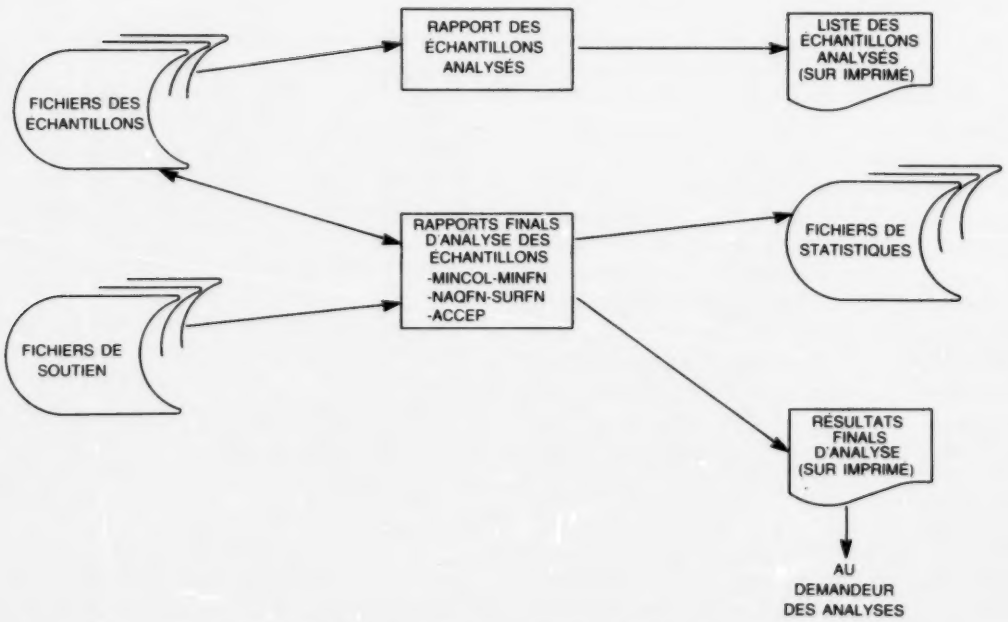

Figure 8. Acceptation des résultats d'analyse des échantillons.

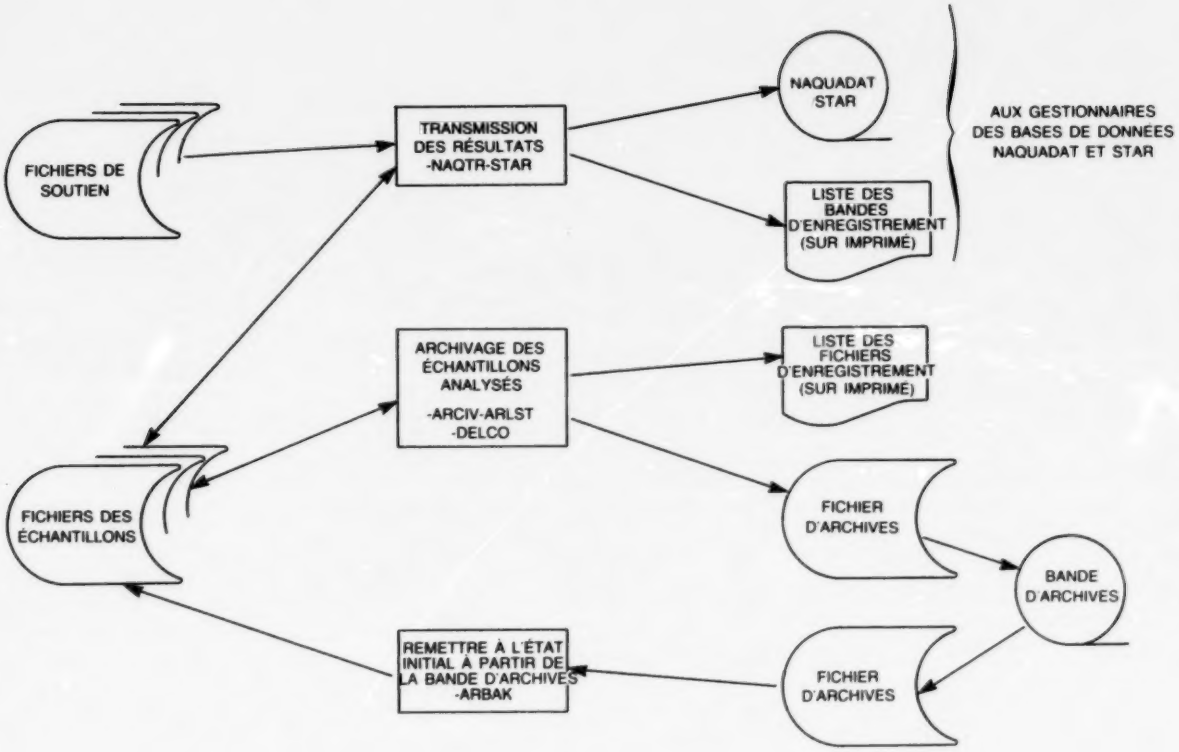
FICHIERS DE SOUTIEN
TRANSMISSION DES RÉSULTATS -NAQTR-STAR
NAQUADAT STAR
LISTE DES BANDES D'ENREGISTREMENT (SUR IMPRIMÉ)
AUX GESTIONNAIRES DES BASES DE DONNÉES NAQUADAT ET STAR
ARCHIVAGE DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS -ARCIV-ARLST -DELCO
LISTE DES FICHIERS D'ENREGISTREMENT (SUR IMPRIMÉ)
FICHIERS DES ÉCHANTILLONS
FICHIER D'ARCHIVES
BANDE D'ARCHIVES
REMETTRE À L'ÉTAT INITIAL À PARTIR DE LA BANDE D'ARCHIVES -ARBAK
FICHIER D'ARCHIVES

Figure 9. Achèvement du traitement des échantillons.

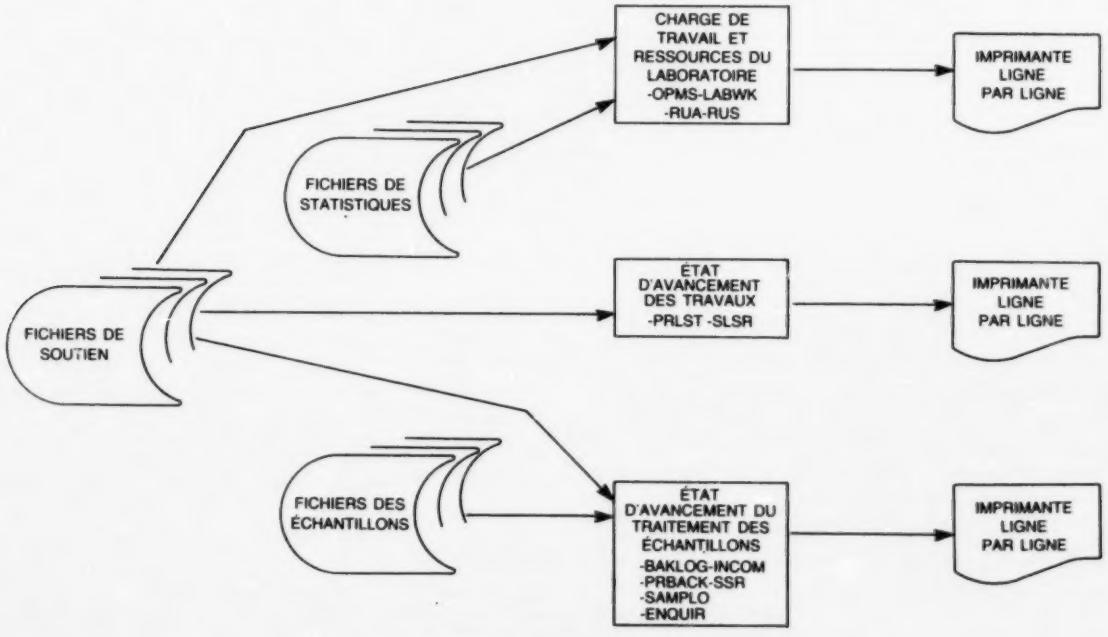
CHARGE DE TRAVAIL ET RESSOURCES DU LABORATOIRE -OPMS-LABWK -RUA-RUS
IMPRIMANTE LIGNE PAR LIGNE
FICHIERS DE STATISTIQUES
FICHIERS DE SOUTIEN
ÉTAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX -PRLST-SLSR
IMPRIMANTE LIGNE PAR LIGNE
FICHIERS DES ÉCHANTILLONS
ÉTAT D'AVANCEMENT DU TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS -BAKLOG-INCOM -PRBACK-SSR -SAMPLO -ENQUIR
IMPRIMANTE LIGNE PAR LIGNE

Figure 10. Gestion du laboratoire.

(30-Aug-84) LABORATORY WORKLOAD

LABORATORY UNIT: ALL FISCAL YEAR: 84 / 85

SAMPLES OF FISCAL 84 / 85	THIS MONTH	TOTAL
RECEIVED	3002	12235
COMPLETED	1350	2580
IN PROCESS	9655	

TEST COMPLETED	THIS MONTH	FISCAL YEAI
SAMPLES	15179	64974
STANDARDS	2778	10463
BLANKS	692	3147
DUPLICATES	507	1740
SPIKES	291	1463
DILUTIONS	1290	3389
REFERENCES	688	2452
WASHES	1220	3893
RECHECKS	1523	3168
TOTAL	24168	94689

METHOD		NUMBER OF TESTS				
ID	NAME	SMPLS.	STDS.	BLKS.	DUPS.	SPKS.	DILNS.
A039	SIO2_REA-UNF-_AU	102	6	13	6	1	0
A040	SO4_FLT-_AU	121	328	72	15	2	251
A041	SO4_UNF-_AU	143	37	28	7	1	4
A048	C_INO-FLT-_AU	484	186	46	36	0	1
A049	C_ORG-FLT-_AU	0	0	0	0	0	0
A053	N_KJ-UNF-_AU	417	48	24	26	9	41
A054	N_KJ-FLT-_AU	715	100	43	35	16	105
A057	N_N+N-FLT-_AU	251	7	20	14	3	15
A058	N_N+N-UNF-_AU	245	11	29	17	4	20
A062	N_NH3-FLT-_AU	5	1	4	1	1	42
A063	N_NH3-UNF-_AU	261	24	0	0	16	79
A066	N_T-PAR-_CHN	38	0	0	0	0	0
A067	N_T-PAR-I-_CHN	4	0	0	0	0	0
A069	P_REA-FLT-_AU	406	0	0	0	0	0
A073	P_T-UNF-_AU	99	7	9	0	0	1
A074	P_T-FLT-_AU	1801	104	107	0	0	25
A077	AL_FLT-_AA	7	6	0	0	0	0
A079	AL_FLT-_AA	23	16	0	0	2	0
A080	AL_EXT-UNF-_AA	97	26	0	3	0	0
A082	AL_EXT-UNF-_AA	31	30	0	2	2	0
A087	BA_FLT-_AA	44	7	0	0	2	0
A088	BA_EXT-UNF-_AA	236	45	0	4	9	0
A098	CD_T-UNF-_AA	171	29	0	0	6	0

Figure 11. Imprimé d'un rapport sur la charge de travail d'un laboratoire.

OPMS - OPERATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM

30-Aug-84

FISCAL YEAR: 84 / 85 MONTH: AUG

MONTH	
SAMPLE TESTS	15179
ALL TESTS	24168
SPIKES	291
REPLICATES	507
RECHECKS	1523
STANDARDS	2778
BLANKS	692
MAN-HOURS USED	2258.56
MANPOWER EFFICIENCY	.673655
PERCENT QUALITY CONTROL	12.7584
PERCENT STANDARDIZATION	19.0743
SAMPLES RECEIVED THIS FISCAL YEAR	9139
SAMPLES PROCESSED THIS FISCAL YEAR	7480
PERCENT LAB EFFECTIVENESS	81.847

Figure 12. Imprimé d'un rapport sur l'efficacité d'un laboratoire.

Un certain nombre de programmes sont nécessaires pour traiter les erreurs qui peuvent s'être introduites dans les diverses bases de données. Par exemple, il faut supprimer les résultats invalides. En outre, si le système tombe en panne ou si un utilisateur suspend l'exécution d'un programme pendant une mise à jour, les liens entre les paramètres peuvent être invalides. Comme l'indique la figure 16, plusieurs programmes ont déjà été élaborés pour régler des problèmes survenus dans le passé. Il existe aussi un ensemble de programmes conçus pour mettre à jour les fichiers de soutien, notamment pour ajouter un nouveau paramètre, un nouveau schéma, un nouveau travail ou une nouvelle station NAQUADAT.

CONCLUSIONS

Le système AWQUALABS, bien que longtemps attendu, résulte d'une tentative réussie de conception, d'élaboration et de mise en service d'un système informatisé de saisie et de gestion des données pour un laboratoire d'analyse de l'eau bien équipé. Toutes les opérations de laboratoire qui pouvaient être automatisées d'une manière rentable l'ont été. Selon les réponses à un questionnaire rempli récemment par les utilisateurs, AWQUALABS semble répondre à leurs besoins actuels. Sans compter que l'implantation du système a grandement augmenté l'efficacité des opérations.

```
----------401-84----------
.Title.                                  PACIFIC REGION
                                         WATER QUALITY

.Type project/study.        WQB-PR
.Leader.                    F.MAH
.Address.                   WQB,VANCOUVER
.Telephone.                 987-7756
.Full desc file spec.
.Division.                   1 LABORATORY
.Region.                     5 PACIFIC
.Agency.                     5 IWD-WQB PACIFIC
.Nat/Reg program.           REGIONAL
.Turnaround.                 8
.Resp labs (max 3).         OAL, IAL
.Starting date.             APRIL 84
.Completion date.           MARCH 85
.When required.
.Schemas (max 20).          A PAHS, B PAHW, C TCDD-F, D TCDD-S, E PAHPTHF,
                            F PAHPTHW, G PAHPTHS, H TM-FISH8, I HG-FISH,
                            J TM-W6TU, K AS/SE, L HG-TOT, M BA-DISS, N BA-EXT,
                            O MO-TOTU, P CA&MG
.Samp freq.
.No smpls expected.          0
.Smpl types (max 6).                     1 WATER
                                         9 FISH
                                         6 SEDIMENT
.Project/Study id prev yr.999-82
                                TOTALS
                 SAMPLES        SAMPLES        TESTS
                 RECEIVED       ANALYZED
MAY 84            302            0              91
JUN 84            297            0              1738
JUL 84            411            396            2759
AUG 84            185            588            1509

TOT               1195           984            6097


                                TOTALS
                 TIME           TIME           COST
                 REQUIRED       USED
MAY 84            86.5597        1.82           .728
JUN 84            126.34         134.812        1805.15
JUL 84            176.021        220.981        6297.76
AUG 84            111.62         125.842        3586.43

TOT               500.54         483.454        11690.1
```

Figure 13. Imprimé donnant des informations sur les travaux.

S A M P L E F L O W

SAMPLES - 8414110 TO 8414120
- PROJECT: 777-84

09-Oct-84

SAMPLE ID	DAYS REM.	DAYS OVER	DUE DATE	SCHEMAS	PARAM.REM.	PARAM.COMP.	ACCEPTANCE
8414110	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414111	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414112	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414113	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414114	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414115	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	3	8	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414116	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414117	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414118	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414119	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	
8414120	50	0	28-NOV-84	A AESRAIN	1	10	
				B RAIN-FLD	0	9	

TOTAL # COMPLETED SAMPLES = 0

TOTAL # UNCOMPLETED SAMPLES = 11

Figure 14. Imprimé d'un rapport sur le déroulement du traitement d'échantillons.

```
L A B O R A T O R Y   W O R K   S H E E T

PARAMETER - A463(33008)(S314)AS_T-UNF_ACID.DIG_ICP_TM_MG/L  30-Aug-84
THERE ARE 101 SAMPLES AWAITING ANALYSIS

RANGE REQUESTED: 8408000 - 8409000

097-84        8408060 - 8408065

203-84        8408742 - 8408754

108-84        8408886 - 8408888

108-84        8408890

401-84        8408923 - 8409000
```

Figure 15. Imprimé d'une feuille de travail de laboratoire.

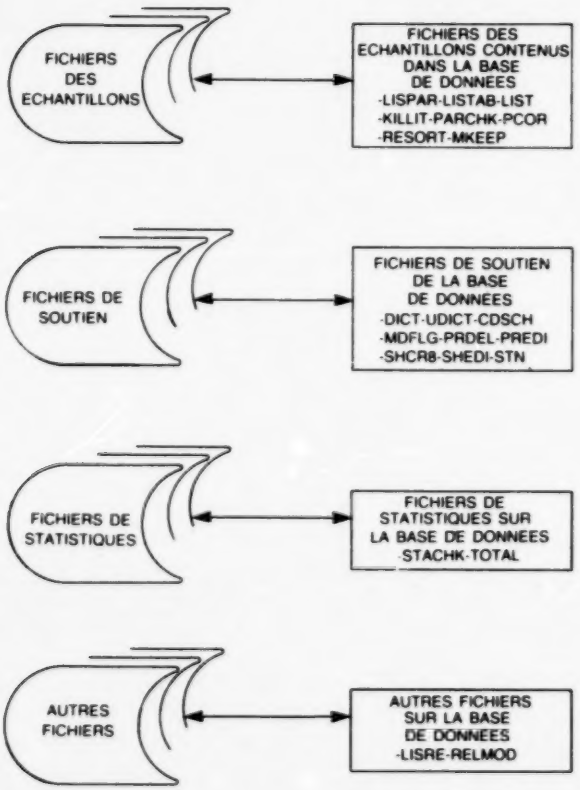

Figure 16. Maintien d'une base de données.

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes ont contribué à la planification et à la mise en oeuvre du système AWQUALABS. Il serait trop long de les nommer toutes, mais nous voulons exprimer notre reconnaissance à ceux et celles qui nous ont aidés d'une façon ou de l'autre. En particulier, nous remercions de leur contribution les personnes suivantes qui ont participé à nos travaux à un moment ou à un autre :

R. Bingham
P. Brooksbank
H. Clignett (décédé)
J.A. Coburn
R.J. Desrosiers
M. Duffield
B. Hanson
E.J. Harrison
R.C.J. Sampson

J.A. Coburn et R.C.J. Sampson ont joué un rôle capital en dirigeant la mise en oeuvre du système. R.C.J. Sampson a également mis à jour l'information pour la production de ce rapport.

Nous exprimons aussi notre reconnaissance à G.K. Rodgers, S.H. Whitlow, J.S. Ford, A.S. Watson, J. Rogalsky et R. Duffield, qui nous ont aidés par leurs conseils. En outre, tous les représentants de Digital Equipment of Canada Ltd. avec qui nous avons entretenu des

relations, en particulier Ian McKinnon, ont montré un grand esprit de collaboration. Enfin, nous remercions les membres du personnel du laboratoire de la Direction de la qualité des eaux de Burlington pour leurs critiques constructives et leur collaboration ainsi que pour la patience dont ils ont fait preuve tout au long de nos travaux.

RÉFÉRENCES

Beal, G.S., F.J. Philbert, et J.E. Dowell. 1987. Expérience acquise durant la conception, l'élaboration et la mise en application d'un système informatisé de saisie et de gestion de données pour un laboratoire d'analyse de la qualité de l'eau (AWQUALABS). Communication présentée au 6th Annual Meeting of Advances in Analytical Instrumentation and Technology, Toronto, 10-12 octobre 1984. Étude nº 150, Collection des rapports techniques, Direction de la qualité des eaux, Direction des eaux intérieures et des terres, Burlington (Ontario).

Environnement Canada. 1978. LABS 11 – Un système de gestion des données de laboratoire. Direction générale des eaux intérieures, Région de l'Atlantique, Direction de la qualité des eaux, Moncton (Nouveau-Brunswick).